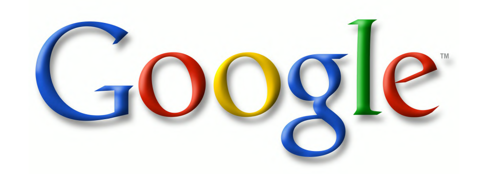


BEITRÄGE

ZUR

PHYSIOLOGIE UND PATHOLOGIE

DER

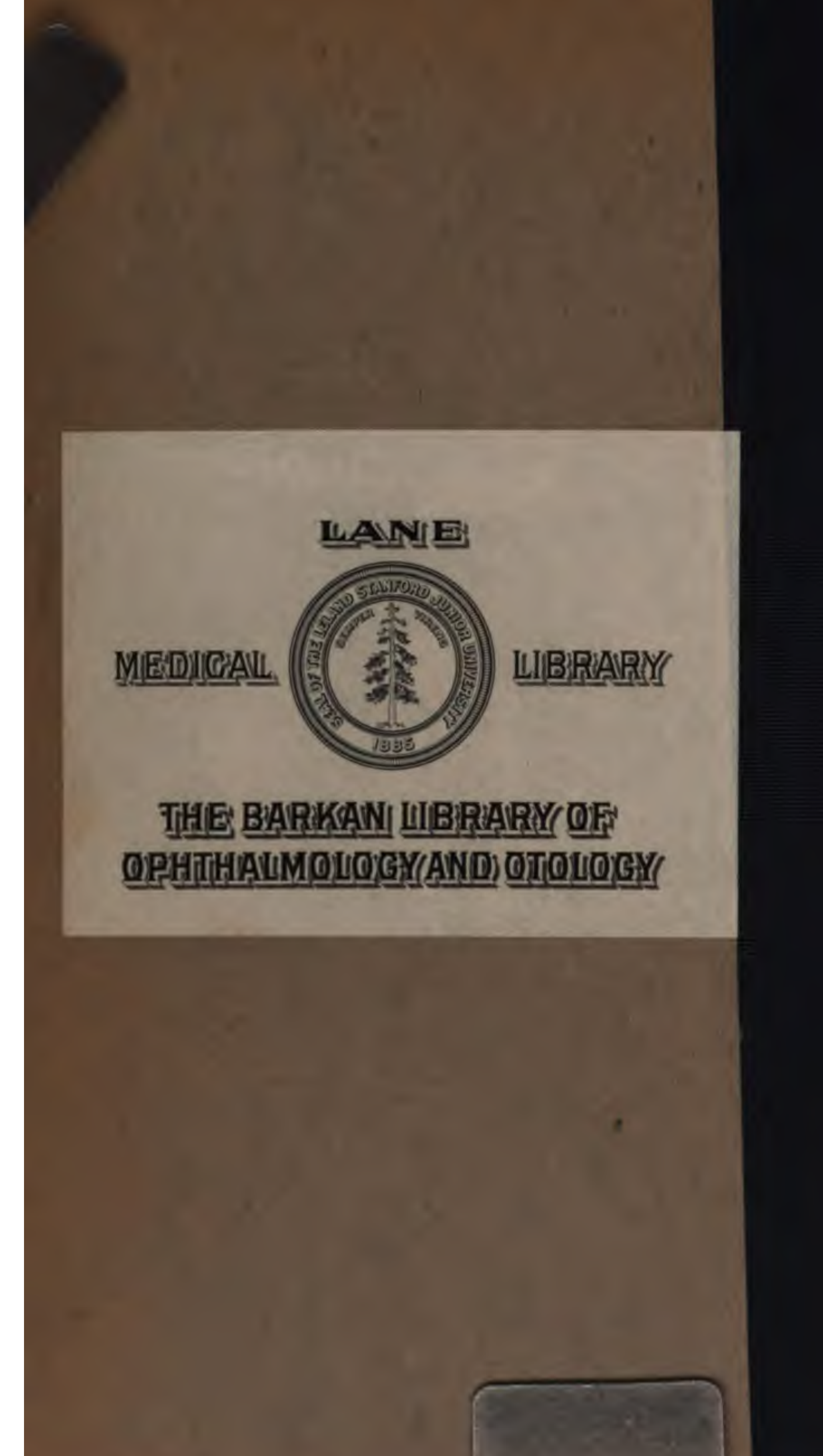
HORNHAUTREFRACTION

VON

DR. MED. ADOLF STEIGER,
AUGENARZT IN ZÜRICH.

I. THEIL.

WIESBADEN.
VERLAG VON J. F. BERGMANN.
1895.


LANE
MEDICAL
SEAL OF THE LELAND STANFORD JUNIOR UNIVERSITY
1885
LIBRARY
THE BARKAN LIBRARY OF
OPHTHALMOLOGY AND OTOLOGY

BEITRÄGE

ZUR

PHYSIOLOGIE UND PATHOLOGIE DER HORNHAUTREFRACTION.

BEITRÄGE

ZUR

PHYSIOLOGIE UND PATHOLOGIE

DER

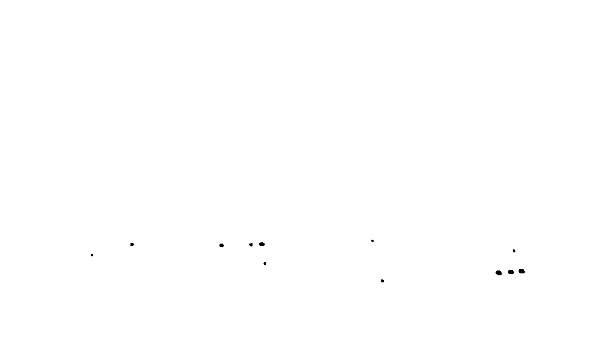
HORNHAUTREFRACTION

VON

DR. MED. ADOLF STEIGER,
AUGENARZT IN ZÜRICH.

I. THEIL.

WIESBADEN.
VERLAG VON J. F. BERGMANN.
1895.



BEITRÄGE

ZUR

PHYSIOLOGIE UND PATHOLOGIE

DER

HORNHAUTREFRACTION

VON

DR. MED. ADOLF STEIGER,
AUGENARZT IN ZÜRICH.

I. THEIL.

WIESBADEN.
VERLAG VON J. F. BERGMANN.
1895.

BEITRÄGE

ZUR

PHYSIOLOGIE UND PATHOLOGIE

DER

HORNHAUTREFRACTION

VON

DR. MED. ADOLF STEIGER,
AUGENARZT IN ZÜRICH.

I. THEIL.

WIESBADEN.
VERLAG VON J. F. BERGMANN
1895.

Inhaltsverzeichniss.

Einleitung.

Als im Winter 1889/90 mein damaliger Lehrer Herr Prof. Pflüger sein Material zusammenstellte für die beabsichtigte Mittheilung am internationalen Aerztecongress in Berlin, da hatte ich Gelegenheit und Veranlassung, einer ebenso wichtigen als interessanten Frage näher zu treten: der klinischen Ophthalmometrie. Rasch suchte ich mir alle wichtigen einschlägigen Arbeiten zusammen*) und versuchte mir daraus ein klares und einheitliches Bild des durch die neuen Forschungen Erlangten zu machen.

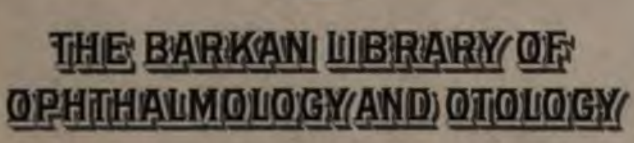
Allein die Sache war nicht so leicht.

Je mehr in den Kreis der Betrachtungen gezogen wurde, um so mehr Lücken und Widersprüche zeigten sich. — Pflüger brachte zum ersten Mal ein umfangreiches klinisches Material. Dass sich dieses nicht ohne Weiteres mit Untersuchungen an Gesunden vergleichen liess, das lag auf der Hand. Zur Ermittlung physiologischer Durchschnittswerthe ist ein Material aus der Sprechstunde nicht verwerthbar. Allein auch die verschiedenen Schuluntersuchungen stimmten in manchen Punkten durchaus nicht überein. Der Grund mancher Differenz ist einleuchtend: die Zahlen waren zu klein. Bei den selteneren Formen und Graden des Astigmatismus z. B. spielte der Zufall noch die grössere Rolle, als die Regel. Die Untersuchungsreihen zusammenzuziehen war aber um so misslicher, als die Voraussetzungen nicht unwesentlich variirten.

Es musste also eine sehr dankbare Aufgabe sein, durchaus einheitlich ein grösseres Material zu untersuchen.

---

*) Das war damals immerhin noch recht zeitraubend, da die »Mémoires d'Ophthalm.« von Javal noch nicht erschienen waren.


THE BARKAN LIBRARY OF
OPHTHALMOLOGY AND OTOLOGY

BEITRÄGE

ZUR

PHYSIOLOGIE UND PATHOLOGIE DER HORNHAUTREFRACTION.

selbst herrührt, es sei denn ausdrücklich eine andere Quelle angegeben.

Neben den allgemein physiologischen Fragen interessirten uns noch einige specielle, zum Theil pathologische Verhältnisse betreffend. So verfügen wir über eine nicht unbeträchtliche Zahl von Fällen, welche die Heredität des Astigmatismus zu illustriren geeignet sind (VI).

Ferner soll an anderem Material dem Verhältniss von Hornhautkrümmung, Hornhautastigmatismus und Myopie nachgeforscht werden (VII, X).

Dann gab uns eine bedeutende Zahl von hochgradigen Astigmatismen die Möglichkeit an die Hand, die Eigenthümlichkeiten dieses Fehlers etwas genauer zu verfolgen (VIII).

Noch andere Untersuchungen gestatteten uns, äusserst interessante Beziehungen zwischen Hornhautkrümmung und Pupillendistanz aufzufinden (IX).

Eine reiche Casuistik endlich erlaubte uns, manche fremde und eigene Beobachtung zu belegen (XI).

Und schliesslich gab uns eine zweite Untersuchung von 150 Secundarschülerinnen (II) neben der Gewissheit, gleich von Beginn genaue Messungen ausgeführt zu haben, einige Anhaltspunkte zur Beurtheilung der Variabilität des Hornhautastigmatismus und der Hornhautkrümmung (II bis).

Wir lassen eine Recapitulation des gesammten Materials folgen.

Gesammtmaterial.

Alter	Zahl der Augen			Gruppe					
	Geschlecht		Zusammen						
	M	W	T			K	M	T	
bis 4 Jahre			100	V a.					
„ 5 „			100						
„ 6 „			100						
„ 7 „			100						
„ 8 „			100						
„ 9 „	128	112	240	K III M IV					
„ 10 „	110	74	184						
„ 11 „	86	100	186			154	—	154	K I. M II.
„ 12 „	50	100	150		dazu	174	206	280	
„ 13 „	72	74	146			200	268	468	
„ 14 „	82	86	168			148	198	346	
„ 15 „	92	88	180			158	172	330	
„ 16 „	—	—	—			48	190	238	

Alter		Augen	
16—20 Jahre		100	Gruppe V b.
20—30	"	100	
30—40	"	100	
40—50	"	100	
50—70	"	100	
70—88	"	100	

		Alter	Augen	
I.	Knaben-Secundarschule Bern	10—16	882	KSSch
II.	Mädchen- " "	10—16	1034	MSSch
II bis.	zweimal untersucht		300	
III.	Knaben-Primarschule Bern	9—15	620	KPSch
IV.	Mädchen- " "	9—15	634	MPSch
Va.	Kinder	1—8	500	
Vb.	Erwachsene	16—88	600	
VI.	Heredität des Astigmatismus		183	
VII.	Astigmatismus und Myopie		60	
VIII.	Hochgradiger Hornhautastigmatismus		322	
IX.	Extreme Hornhautkrümmung		136	
X.	Hornhautrefraction und Myopie		58	
XI.	Casuistik		—	

Zusammen ungefähr 5000 Augen.

Es sei mir gestattet, an dieser Stelle allen Denjenigen meinen aufrichtigsten Dank auszusprechen, die mir die Untersuchungen ermöglichten, so vor allem meinem verehrten Lehrer Herrn Prof. Pflüger;

ferner dem städtischen Schuldirector Herrn Kuhn, sowie den Directoren und Lehrern der einzelnen Schulen;

ferner verdanke ich meinen Freunden Dr. E. Hegg, Augenarzt in Bern und Dr. A. Senn, Augenarzt in Wyl, herzlichst ihr bereitwilliges Entgegenkommen, das mir so oft meine Zeit besser auszunutzen gestattete — sowie auch einzelne casuistische Mittheilungen.

Es sind jetzt zehn Jahre her, seitdem — hervorgerufen durch die Einführung des Javal-Schiötz'schen Ophthalmometers — jene Fluth von Arbeiten zu erscheinen anfing, die die Resultate der neuen Untersuchungsmethode enthielten.

Vieles davon ist richtig, manches falsch oder wenigstens übertrieben und beides — das Richtige und das Irrthümliche — so zerstreut in der Literatur der drei Hauptsprachen, dass nur eine zeitraubende Nachforschung die Resultate zugänglich macht.

Manches ist falsch. Nicht nur Schlüsse, sondern sicherlich auch Beobachtungen. Man hat zu rasch publicirt. Allein am meisten hat man durch voreilige Schlussfolgerungen gefehlt, die aus qualitativ und quantitativ ungenügendem Material gezogen wurden.

Die Geschichte der wissenschaftlichen Irrthümer ist reich an Beispielen, wie das vorliegende. Wo immer nach Einführung neuer Methoden fälschlicherweise und unvorsichtigerweise auf einige erste, mit dem Alten in Widerspruch stehenden Untersuchungen hin, das alte Gebäude gestürzt und ein neues aufgeführt wurde, da war es in kürzester Zeit der Reparatur bedürftig. Man legt die neuen Ergebnisse nach den alten Gesichtspunkten aus, oder man übersieht, dass bei spärlichen Beobachtungen der Zufall die Hand im Spiel haben könnte, dass sie der Anfechtung, der Erweiterung und der Einschränkung fähig sind; dass sie im Zusammenhang mit allem, was die neue Methode bieten kann, und nicht für sich allein beurtheilt werden wollen.

Die Geschichte der Astigmatismen des vergangenen Jahrzehnts ist ein schlagendes Beispiel.

Man machte — es trifft der Vorwurf selbstredend nur Ausnahmen — auf jede Beobachtung hin eine Theorie.

Eine Beobachtung oder eine Reihe solcher stimmten nicht mit früherem: Da musste um jeden Preis eine Theorie her, um Aufklärung zu geben, und diese Theorie bewegte sich ganz einseitig auf dem neu gewonnenen Terrain.

Man sah z. B., dass Astigmatismus sich bei gewissen Erkrankungen sehr häufig zeigt — gleich wurde daraus abgeleitet, dass er die Ursache dieser Erkrankungen sein müsse, und diese Art aetiologischer Forschungsweise gipfelte in dem weisen Ausspruch: »nous savons dès à present, que l'astigmatisme est la cause de là plupart des maladies des yeux«! Welcher Mangel an allgemein-medicinischem Denkvermögen liegt nicht in diesen schlichten Worten.

Und doch hätte die einfachste Ueberlegung zeigen müssen, dass das nicht sein kann und dass da eine Statistik an Gesunden auf denkbar einfachste Weise eine Controle ergeben hätte. Allein, diese Controle suchte man gar nicht. Man war so sehr überzeugt »des faits inébranlables«, dass man weder rechts noch links sah, sondern ruhig geradeaus seinen sich selbst vorgezeichneten Weg ging.

Und doch hätte man rechts und links so viel lernen können. Es kamen ja nach und nach von allen Seiten Beiträge zur nöthigen statistischen Unterlage zusammen. Aber man wollte sie nicht mehr sehen. Man hätte ja vielleicht einige seiner neuen Theorien, seiner »lois biologiques« opfern müssen.

Dass nun eine solche Methode kein grosses Vertrauen erweckt, ist einleuchtend, und mancher hat wohl eben wegen dieser offenbaren Uebertreibungen die Bedeutung der neuen Untersuchungsmethode und der Resultate derselben als zu gering angesehen, sonst wäre es ganz unbegreiflich, wie noch heutzutage — sagen wir es nur frei heraus — an gewissen Orten geradezu ein Widerwille gegen die Einführung des Ophthalmometers in die tägliche Praxis besteht.

Zwar hätten ja eine Reihe vorzüglicher Arbeiten, welche die obigen Vorwürfe nicht treffen, eines bessern belehren können, aber es geschah thatsächlich nicht.

Es liegen nun manche Jahre der Untersuchung und des Studiums des Astigmatismus hinter mir und ich glaube ein Wort mitsprechen zu dürfen. Das Facit meiner Erfahrungen ist dieses:

Wenn ich absehe von jenen Fällen, die durch einige kurze anamnestische Angaben als einfache Presbyopie sich erweisen — ohne asthenopische Beschwerden — so würde ich es nicht wagen, eine Brillenverordnung aus der Hand zu geben, ohne den Patienten ophthalmometrirt zu haben. Dies scheint mir, weil ich mit der Untersuchungsmethode aufgewachsen bin, so selbstverständlich, dass ich bei gutem Visus — wohlverstanden nicht 1,0, sondern 1,25—1,4 — eher die ophthalmoscopische Untersuchung missen könnte. Man könnte einwerfen, dass das nur beweise, wie eine leichtere Untersuchungsmethode die Ausbildung der schwierigeren verdrängt — ich sei nicht mehr fähig, mit diesen auszukommen. Nun — es mag ein Körnchen Wahrheit darin stecken. Obwohl ich auch Gelegenheit hatte, die anderen Methoden zur Genüge kennen zu lernen. Allein das trifft bei allen bis jetzt acceptirten Erleichterungen auch zu. Diejenigen, die glauben, mit den alten Methoden gut und zuverlässig genug zu untersuchen, befinden sich in einem gewaltigen Irrthum.

So denken auch alte Praktiker, die gewiss alle mögliche Gewähr für zuverlässige Arbeit bieten.

So äusserte sich Pflüger (1. S. 305) schon am Heidelberger Congress vom Jahre 1887 folgendermaassen: »Das Ophthalmometer hat in meine Refractionsbestimmungen grössere Sicherheit und Genauigkeit sowie kostbare Zeitersparniss gebracht,« oder 1890 in Berlin: (2. S. 140): »Manches Neue hat das Ophthalmometer in den letzten Jahren gelehrt und Weiteres ist von seiner Anwendung zu erwarten. Erstaunen wird jeder College, welcher seine ohne objektive Hornhautmessung vorgenommenen Refractionsbestimmungen mit dem Ophtalmometer controlirt, wie viele Ungenauigkeiten trotz der aufgewendeten Mühe und Zeit untergelaufen sind.«

Und doch hatte Pflüger vielleicht mehr als mancher andere von jeher eine peinliche Untersuchung der Refraction vorgenommen und musste also weniger auf Enttäuschungen rechnen.

Wenn man, wie es mir in der Privatsprechstunde meines Lehrers vorgekommen ist, gerade von jener Seite auf auffallende Irrthümer gestossen ist, die mit überlegenem Achselzucken über den Javal'schen Apparat sprechen, so darf man nur wünschen, dass im Interesse der Patienten gewisse Vorurtheile über die Bedeutung der Ophthalmometrie schwinden möchten.

Eine Patientin kommt mit asthenopischen Beschwerden zu einem durchaus tüchtigen und distinguirten Specialisten: herabgesetzter Visus — Asthenopie — geringe Verbesserung der Sehschärfe mit sph. + 3,0 D. Nach einer gewissen Zeit stellt sich die Frau bei Herrn Prof. Pflüger zur Untersuchung, da die Asthenopie fortbesteht und die Sehkraft nicht in dem gewünschten Maasse gestiegen ist. Die Ophthalmometrie ergiebt 3,0 D. Hornhautastigmatismus. Die subjective Untersuchung 3,0 D. hypermetropischen Astigmatismus und keine Spur sphärischer Hypermetropie.

Was beweist dieses eine Beispiel? Dass selbst die besten irren und daher Niemand, auch diese nicht, sich eines Apparates entschlagen sollen, der so kostbare Aufschlüsse giebt. Der begangene Irrtum fällt in erster Linie einer unzulänglichen und für die Praxis zu zeitraubenden Methode zur Last.

Wenn es nun möglich ist, so hohe Grade zu übersehen, wie oft mögen jene Fälle falsch behandelt werden, die um die physiologische Grenze herum sich bewegen, und doch sind gerade unter diesen viele mit sehr lästigen Symptomen. Symptome, die, ich

gebe es zu, und darin liegt ein Grund vieler Irrthümer, für die Hypermetropie so charakteristisch sind. Manche Fälle, bei denen eine vermuthete Hypermetropie nicht zu finden war, gehören in diese Kategorie.

Wir wissen nun sicher, dass Knapp (3. p. 237) viel zu optimistisch sah, als er 1862 glaubte, dass wir, wenn einmal Wesen und Erscheinungen des Astigmatismus besser bekannt seien, auch mit den gewöhnlichen diagnostischen Hilfsmitteln, ohne Anwendung des Ophthalmometers, einen jeden Fall von Meridianasymmetrie mit Sicherheit erkennen und auch die richtige Brille dafür bestimmen können. »Ein nie fehlendes Symptom ist die Amblyopie«, sagt er. Das genauere Studium von Wesen und Erscheinungen des Astigmatismus hat aber gezeigt, dass Amblyopie nicht zu bestehen braucht, ja dass in den lästigsten Fällen der Ausfall der Sehschärfe ein recht untergeordnetes Symptom sein kann.

Aber auch ganz abgesehen von diesen Fällen hat sich die Hoffnung Knapp's nicht einmal für die hohen Grade der Asymmetrie erfüllt. Die Statistik zeigt uns sicher, dass solche Fälle häufiger vorkommen, als aus früheren Mittheilungen hervorzugehen schien. Es sei nur ein Beispiel angeführt:

Mooren (4) sah neben 8448 Myopen und 3772 Hypermetropen nur 238 Fälle von Astigmatismus, d. h. etwa 1,9 % aller Refractionsfehler eines Materials aus der Consultationsstunde!

Pflüger fand unter 4664 Patienten ohne Auswahl, also nicht bloss von mit Refraktions-Fehlern behafteten, bei ca. 25 % einen corrigirbaren Astigmatismus.

Solche Differenzen beweisen, dass irgend etwas faul sein muss. Es sind bei Mooren nicht nur alle geringgradigen Fälle übersehen worden, sondern sicher noch viele hochgradige. Und was sind denn die 1635 Fälle von »Asthenopie«? Das ist doch nur ein Symptom, keine Krankheit. Es dürfte wohl eine sehr grosse Zahl derselben eben zum geringgradigen, besonders zum perversen Astigmatismus gehören.

Es nimmt sich nun ganz merkwürdig aus gegen diese behauptete Seltenheit des Astigmatismus, dass Donders (5) schon 1866 annahm, es haben 2—2½ % aller Augen (nicht der Kranken oder gar nur der Refractionskranken) starken Astigmatismus. Es geht aus den meisten Refraktionsstatistiken deutlich hervor, dass

nicht nur die neuerdings in den Vordergrund getretenen Formen der Meridianasymmetrie früher fast ganz übersehen wurden, sondern dass auch viele ganz grobe Astigmatismen den Untersuchern entgangen sind. Ein Satz wie der folgende (6. S. 37): »die Untersuchung und Diagnose dieses Zustandes (des Astigmatismus) ist nicht leicht; für die Hygiene hat er wenig Bedeutung« sollte nicht mehr vorkommen in einem Buche von der Gediegenheit und der Bedeutung der »Hygiene des Auges« von H. Cohn. Gerade das Umgekehrte ist richtig: Die Untersuchung und Diagnose ist leicht; die Bedeutung für die Hygiene recht gross. Ich behalte mir vor in einer späteren Arbeit diese Behauptung mit neuem Material zu belegen.

Dass Staroperirte wegen oft sehr beträchtlichen permanenten Operationsastigmatismus mit cylindrischen Gläsern eine bessere Sehschärfe erreichen, das hat der Ophthalmometer schon 1869 Reuss und Woinow verrathen.

Ich unterschreibe also voll und ganz den Satz Javal's: »Ich zweifle nicht daran, dass die Ophthalmometrie nach und nach in die Klinik aufgenommen werde und lebe in der Ueberzeugung, dass sie dem Patienten ebenso häufige und ebenso grosse Dienste erweisen wird, wie die Ophthalmoscopie.«

Es ist unbegreiflich, dass die Einführung von so viel kleinen und kleinlichen Factoren abhängig sein muss.

Die grossen Vorkämpfer auf dem Gebiet der klinischen Ophthalmometrie sind, neben den Schülern Javal's und einigen zerstreuten europäischen Specialisten, vor allem die Amerikaner. Vielleicht nicht ohne tiefere Gründe, ganz abgesehen davon, dass Zeit Geld ist. Das aufreibende Geschäftsleben, das an das ganze Nervensystem die grössten Anforderungen stellt, machte dort vielleicht die Unannehmlichkeiten der schwachen Grade von Astigmatismus, hauptsächlich des perversen, noch mehr fühlbar als bei uns.

Dass im Eifer einmal über das Ziel hinausgeschossen wurde, das haben wir schon bemerkt. Das thut einer guten Sache auf die Länge keinen Eintrag. So will ich nicht bestreiten, dass wohl der Eine oder Andere ein cylindrisches Glas verschrieben hat, wo eher eine Allgemeinbehandlung am Platz gewesen wäre. Wer wollte nicht hie und da irren? Dafür aber das Ophthalmometer anzuschuldigen, wie es geschehen ist, wäre ungefähr dasselbe,

wie wenn man für eine irriger Weise ausgeführte Operation das Messer wollte verantwortlich machen. Das heisst doch nur, die Frage werde noch nicht allseitig und überall genügend verstanden.

Ich schliesse mit einem Passus aus einer klinischen Vorlesung über »Localisation und Diagnose des Astigmatismus (1891)« von Frank van Fleet (New-York) (7. p. 42):

»Some individuals will always be found who, with perhaps admirable, but nevertheless unfortunate pertinacity, will cling to a lost cause as long as life remains; but to you, if you desire to place yourselves on an equal footing with the ophthalmologists of to-day, my advice is, get an ophthalmometer and use it intelligently.«

Noch eines. Manches mag in der Ausführung etwas breit erscheinen; auch sind Wiederholungen nicht selten. Ich wollte aber nicht nur für diejenigen schreiben, die in den zu besprechenden Fragen zu Hause sind und das meiste schon wissen, sondern auch für die viel grössere Zahl derer, denen eine Menge der vorgebrachten Thatsachen und Schlüsse durchaus neu sind.

Erster Theil.

Die Krümmung der Hornhaut.

Die Geschichte der Ophthalmometrie und des Astigmatismus lässt sich in drei Hauptstadien eintheilen.

Erstere — die Ophthalmometrie — ist genau so alt wie unser Jahrhundert, letzterer — der Astigmatismus — etwas älter, und beide nehmen ihren Anfang mit den denkwürdigen Forschungen des Engländers Thomas Joung. Beinahe ein halbes Jahrhundert erfolgten nur spärliche Mittheilungen über beide Gebiete. Der Astigmatismus wurde eher als ein seltenes Curiosum angesehen, denn als ein Gegenstand ärztlicher Behandlung. Zwar ist die Kenntniss der Cylindergläser schon mehr als 60 Jahre alt, allein es scheinen in früheren Zeiten nur Wenige des Vortheils derselben theilhaftig geworden zu sein.

Das war die erste Periode.

Durch die Verwendung der Spiegelbilder der Hornhaut zur Bestimmung des Krümmungshalbmessers (Kohlrausch, v. Helmholtz) und durch die darauf folgenden Arbeiten von Donders und Knapp war die zweite angebrochen. Man verlegte den Sitz des Astigmatismus hauptsächlich in die Hornhaut und drang auf sorgfältige Untersuchung verdächtiger Fälle und deren Correction durch cylindrische Gläser. Man arbeitete die Symptomatologie der hohen Grade des Astigmatismus aus und vervollkommnete mit grossem Erfolge die Untersuchungsmethoden und diagnostischen Hilfsmittel. Die Ophthalmometrie aber blieb auf wissenschaftliche Institute beschränkt. — Nach und nach verschwand die Frage aus der Discussion und es wurde Jahr für Jahr dasselbe gelehrt und gelernt, ohne dass wesentlich andere Gesichtspunkte

hinzukamen. Das Meiste war richtig, allein der Gegenstand bei weitem noch nicht erschöpft.

Das war die zweite Periode.

Manche Ophthalmologen träumen diese Periode immer noch weiter. Dessenungeachtet ist aber schon vor mehr als einem Jahrzehnt die dritte angebrochen. Die Ursache davon war die Construction eines Ophthalmometers, das nicht nur ganz Geübten in gut ausgestatteten Instituten zur Verfügung stand, sondern ein handliches diagnostisches Hilfsmittel für die tägliche Praxis darstellte.

Der Apparat hat schon viele Lobredner gefunden. Wir wollen unser Urtheil zurückhalten. Wenn der Leser aus dem Inhalte der einschlägigen Capitel dieser Arbeit — hauptsächlich des zweiten Abschnittes — nicht die Ueberzeugung gewinnt, dass ein genaueres Studium der Astigmatismusfrage und eine weitergehende Berücksichtigung derselben in der täglichen Praxis durchaus geboten erscheint, und dass dieses feine Instrument oder ein ähnliches nicht nur eine sehr wünschenswerthe, sondern geradezu unentbehrliche Unterstützung dazu bietet, so werden ihn auch meine Anpreisungen nicht belehren.

Selbstredend setzen wir wenigstens die theoretische Kenntniss des Apparates bei allen Fachleuten voraus.

Wir geben nun im Folgenden die Resultate unserer Messungen. Soweit es wünschenswerth erscheint, sind auch die Resultate und Meinungen früherer Untersucher eingeflochten. Ausführliche Vergleichungen schienen mir weder dienlich, noch waren sie möglich, ohne diese Arbeit über Gebühr auszudehnen. Wer sich eingehender mit dem Gebiete beschäftigen will, dem giebt das Literaturverzeichniss, wie ich glaube, manchen Fingerzeig.

I. Capitel.

Der Hornhautastigmatismus.

Die Hornhaut hat bei weitem nicht die regelmässige Krümmung, wie man früher anzunehmen geneigt war. Mit einer stärkeren Wölbung in einem sogenannten Hauptmeridian und einer schwächeren im anderen ist die Unregelmässigkeit noch lange nicht erschöpft. Wie an andern Stellen dieser Arbeit gelegentlich

betont werden wird, haben schon die Forscher aus der »zweiten Periode« ungleichmässiges Abfallen der Hornhaut nach den verschiedenen Seiten vom Scheitel aus durch genaue Messungen dargethan. Und neuere Forscher haben sich genöthigt gesehen, das schöne Gebilde noch mehr zu degradiren. Sie haben aber andererseits auch bewiesen, dass im Allgemeinen das Gebiet, das bei der Untersuchung mit dem Javal'schen Ophthalmometer zur Verwendung kommt, eine verhältnissmässig grosse Regelmässigkeit besitzt, und da das gleiche Gebiet auch zum Sehen die grösste, oft einzige Rolle spielt, so sind diese Messungen auch unmittelbar von grossem klinischen Werthe. (Vergl. d. Cap. über obj. und subj. Astigm.)

§ 1. Durchschnittlicher Hornhautastigmatismus und Häufigkeit der einzelnen Grade bei jugendlichen Individuen.

(Material I—IV.)

Der durchschnittliche Astigmatismus aller hierher gehörigen Hornhäute beträgt **0,78 D.** Diese Zahl möchte vielleicht manchem Leser unglaublich hoch scheinen, so sehr war man gewohnt, Astigmatismus als etwas ziemlich Seltenes zu betrachten. Das genauere Studium der einzelnen Grade und ihrer Häufigkeit wird indessen die Erklärung bald bringen. Hier sei nur kurz darauf hingewiesen, dass die Hornhaut in der Regel leicht astigmatisch ist (0,5—0,75 D.) und dass eine verhältnissmässig bedeutende Zahl starker Astigmatismen das Mittel noch um ein Erhebliches hinaufbringen. Dass ferner Hornhautastigmatismus noch nicht ohne Weiteres und in allen Fällen subjectiven Astigmatismus bedingt, ist ja bekannt und wird an passender Stelle ausführlich besprochen werden.

Werfen wir nun einen Blick auf die Durchschnittswerthe der einzelnen Gruppen.

Knaben-Secundarschule	(I)	882	Augen	0,70 D.
Mädchen- „	(II)	1034	„	0,85 „
Knaben-Primarschule	(III)	620	„	0,70 „
Mädchen- „	(IV)	634	„	0,84 „
Zusammen		3170	Augen	0,78 D.

Da fällt sofort auf einerseits die absolute Gleichheit von I und III und beinahe absolute Gleichheit von II und IV, andererseits die grosse Differenz zwischen beiden Gruppenpaaren.

Da die äusseren Verhältnisse, Ort, Zeit und irgendwelche Nebenumstände bei der Untersuchung für alle diese vier Gruppen durchaus übereinstimmen und auch die Zahlen der jeder Gruppe zugehörigen Individuen beträchtlich gross und nicht zu different sind, so ist der Schluss wohl gestattet, dass die durchschnittliche Cornealasymmetrie bei Mädchen (Alter 8—16 Jahre: 1668 Augen) wirklich etwas grösser ist als bei Knaben (8—16 J.: 1502 Augen). Wie erklärt sich diese Differenz? Schraubt eine grössere Zahl von hochgradigen Astigmatismen das Mittel über Gebühr hinauf, oder ist ganz allgemein der Hornhautastigmatismus bei den Mädchen etwas grösser? oder wirken vielleicht beide Factoren zusammen?

Bevor wir diese Fragen beantworten können, müssen wir uns zunächst Rechenschaft geben über die Bedeutung der genannten Mittelwerthe, über die Art ihrer Berechnung.

Tabelle I giebt uns eine Uebersicht über die Vertheilung aller Augen nach Graden des Hornhautastigmatismus.

Tabelle I. Vertheilung des Hornhautastigmatismus von I—IV nach Graden.

Hornhaut-Astigmatismus	I		II		III		IV		Total	
	Augen	%	Augen	%	Augen	%	Augen	%	Augen	%
perv. 0,5	—	—	—	—	4	1,9	1	0,8	5	1,2
· 0,25	7	0,8	14	1,4	8		4		33	
0	51	5,8	43	4,2	39	6,3	32	5,1	165	5,2
nach d. Regel 0,25	100	11,3	79	7,6	94	15,2	60	9,5	333	10,5
0,5	**275**	**31,2**	264	25,5	153	24,7	125	19,7	817	25,8
0,75	238	27,0	**310**	**30,0**	**175**	**28,2**	**206**	**32,5**	**929**	**29,3**
1,0	97	10,9	108	10,4	67	10,8	82	12,9	354	11,4
1,25	65	7,4	85	8,2	38	6,3	60	9,5	248	7,8
1,5 / 1,75 / 2,0	26	2,9	90	8,7	29	4,7	44	6,9	189	5,9
2,25—3,0	15	1,7	22	2,1	9	1,4	10	1,6	56	1,8
> 3,0 D.	8	0,9	19	1,8	4	0,6	10	1,6	41	1,3
	882		1034		620		634		3170	

Es werden eine Reihe interessanter Punkte dieser Zusammenstellung durch graphische Darstellung deutlicher hervortreten (s. Fig. 1, S. 16).

Es fällt in der Curve sofort ein ausgesprochener Culminationspunkt auf, der auf die Grade 0,5 und 0,75, hauptsächlich auf

letzteren fällt. Nun beträgt das Mittel aller 3170 Augen 0,78 D., d. h. es liegt in nächster Nähe der grössten Menge von Fällen. Ich lege darauf einen grossen Werth, denn es erhellt daraus, dass der genannte Durchschnitt nicht bloss eine abstracte Zahl, ein **arithmetisches Mittel** bedeutet, sondern dem »**physiologischen Mittel**« sehr nahe stehen muss. Ja, er müsste noch näher stehen, wenn nicht eine gewisse Anzahl von Fällen mit hochgradigem Astigmatismus dasselbe nach oben gerückt hätten. Wir wollen einmal von allen den Augen absehen, die mehr als 2,0 D. Astigmatismus zeigen. Diese können nicht mehr als normal gelten und dürfen

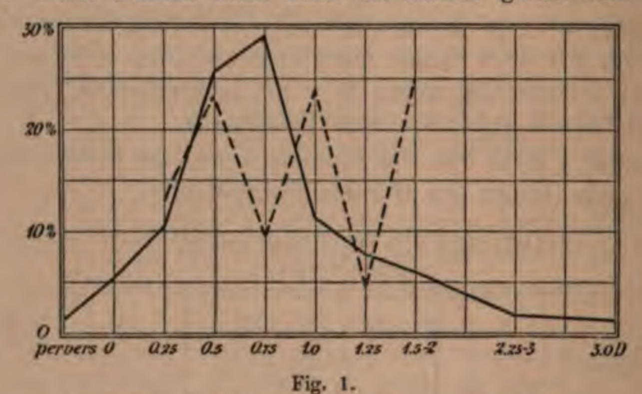


Fig. 1.
Vertheilung des Hornhautastigmatismus nach Graden.
—— Material I—IV.
—— nach Chauvel s. S. ?

daher eigentlich nicht verwendet werden zur Aufstellung von physiologischen Mittelwerthen. Wir erhalten dann für 3073 Augen einen Durchschnitt von 0,70 D. Von den 3073 Augen liegen nun in allernächster Nähe des Mittels (0,5—1,0 D.) 2100 oder 66,3 % oder, wenn wir die Grenze nach oben und unten um 0,25 D. weiter ziehen (0,25—1,25) 2681 Augen = 84,6 %, d. h. **es besteht in $^2/_3$ aller Augen ein Hornhautastigmatismus zwischen 0,5 und 1,0 D. und in fast $^7/_8$ aller Augen ein Hornhautastigmatismus von 0,25—1,25 D.**

Es wird sich bei der Besprechung der subjectiven Prüfungen ergeben, dass die Natur diesen offenbaren Fehler in den weitaus meisten mittleren Fällen (0,25—1,25 D.) selbst zu corrigiren verstand und dass nur ein geringer Theil derselben, dagegen das Gross der ausserhalb dieser Grenzen liegenden Fälle ärztliche Hilfe verlangt.

Von der stärksten Erhebung bei 0,5 und 0,75 fällt die Curve nach rechts und links zunächst sehr gleichmässig ab, so dass ungefähr gleich viel Fälle mit 0,25 D. und 1,0 D. sich finden. Gehen wir weiter nach links, so springt uns die auffallende Thatsache in die Augen, dass nur ein ganz unbedeutender Theil aller Hornhäute keinen Astigmatismus oder doch weniger als $^1/_8$ D. (s. u.) aufweisen. Und noch geringer ist die Zahl der Fälle mit stärkerer Brechkraft im horizontalen Meridian (1,2%), und ausserdem sind dabei nur ganz schwache Grade vertreten.

Auf der rechten Seite ist der Abfall weniger jäh und es zieht sich die Curve langsam fallend bis zur Gruppe > 3,0 D. Wir kommen auf die practische Bedeutung der einzelnen Grade im zweiten Abschnitt ausführlich zu sprechen. Auch soll im § über die Variabilität des Hornhautastigmatismus versucht werden, theoretisch das Verständniss hauptsächlich der schwächsten Grade der Hornhautasymmetrie etwas zu erweitern.

Alle Forscher, die mit dem Studium der Hornhaut sich abgegeben haben, sind einig darüber, dass, die geringsten Grade mit eingeschlossen, Asymmetrie dieses Gebildes äusserst häufig vorkommt. So sagt Knapp (8): „In keinem von 6 Augen war die Krümmung wagrecht und senkrecht genau gleich.“ Oder Würdemann (9): „93% aller (300) Augen haben messbaren Hornhautastigmatismus“. (Wir fanden 94,8%.) Nach Bourgeois und Tscherning (10) waren bei 420 Augen Asymmetrie von 6,25 D. und mehr in 84,0% zu finden, davon entfielen 82% auf 0,25—1,25 D. (wir: 84,6%).

Nach Nordenson (11. S. 90) fehlte eine Asymmetrie nur in 9,2% aller Fälle; nach Schiötz bei 19,6% (12).

Der grosse Unterschied ist dem mit dem Instrument Vertrauten wohl verständlich und Schiötz selbst legt wegen der geringen Differenz, die die Zutheilung zu einer Gruppe zu modificiren vermag, auf den Unterschied seiner und anderer Messungen wenig Gewicht. Ich erinnere dabei ferner an das, was die Bevölkerungs-Statistiker „Anschwellen der runden Jahrgänge“ nennen und mache diesen Umstand zum Theil für die grosse Zahl von Hornhautastigmatismus = 0 verantwortlich. Die überwiegende Anzahl von Hornhäuten mit 0,25, 0,5 und 0,75 D. und das Mittel über 0,5 D. beweisen zudem, dass der Organismus entweder nicht die Macht oder nicht das Bedürfniss hat, eine astigmatismuslose Hornhaut zu schaffen, und so kommt eine Curve mit einem zweiten Culminationspunkt bei 0 jedenfalls der Wahrheit nicht so nahe, wie unsere, bei welcher sich die Gruppe 0 ganz regelrecht in das Gesammtbild einreiht.

Was man unter dem Anschwellen der runden Jahrgänge mut. mut. zu verstehen hat, zeigen die Chauvel'schen (13) Untersuchungen auf das frappanteste. Es leuchtet ja Jedermann ein, dass sich das Auge in seinen

dioptrischen Verhältnissen um unsere ihm aufgedrungene Einheit der Dioptrie sehr wenig kümmern wird. Je feiner wir messen und je mehr Grade wir aufstellen, um so gleichmässiger müsste daher nach bekannten Gesetzen die Curve ausfallen, vorausgesetzt, dass die Zahl der verwendeten Fälle gross genug wäre. Nie aber könnte es sich zeigen, dass, bald hier, bald dort, besondere, unserem künstlichen System entnommene Hauptpunkte aus ihrer Umgebung hervorragen würden, wie es ja auch ganz widersinnig wäre, anzunehmen, es leben in einem Staate vom Jahrgange 1842 eine gewisse Menge Personen, vom Jahrgange 1841 etwas weniger, dann plötzlich von 1840 bedeutend mehr und auf einmal vom Jahre 1839 wieder ganz bedeutend weniger. Solcherlei Bevorzugung von auffallenden Zahlen — z. B. 1,0 D. oder 2,0 D. u. s. w. entstellen manche unserer Refractionsstatistiken. Nun vergleiche man die folgenden Zahlen von Chauvel:

Hornhautastigmatismus	0,25 D.	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0 D.	
Augen	81	154	60	153	30	90	11	59	638
%	12,7	**24,1**	9,4	**24,0**	4,7	**14,1**	1,7	**9,2**	

Da zeigt sich ja geradezu ein gesetzmässiges Zu- und Abnehmen bei halben, bezw. viertels Dioptrien. Dass daran nicht die Krümmung der Hornhaut Schuld ist, wird unschwer zu erkennen sein.

Die punktirte Linie in Fig. 1 giebt ein recht drastisches Bild dieser Untersuchungsweise.

Nun erinnern wir uns an die oben gestellte Frage: wie kommt es, dass der durchschnittliche Astigmatismus bei Mädchen grösser ist, als bei Knaben? Die Figuren 2 und 3 (s. S. 19) geben uns deutlichen Aufschluss. Es ergiebt sich sowohl bei den Secundarschülern (I und II) als den Primarschülern (III und IV), dass

1. beim weiblichen Geschlecht die unter dem Mittel liegenden Grade seltener und dass
2. die darüber liegenden häufiger sind, als beim männlichen.

Dies für die nächste Nähe der Durchschnittswerthe. Dann aber zeichnen sich sowohl die Mädchen der Secundarschulen als der Primarschulen durch zahlreichere hochgradige Astigmatismen aus: 3,9 gegenüber 2,6 und 3,2 gegenüber 2,0%.

Die letzte Ursache dieser Erscheinungen wird nicht leicht zu deuten sein. Wir werden bei der Behandlung der Aetiologie des Astigmatismus (II. Abschnitt) darauf zu sprechen kommen.

Die nachfolgende Gegenüberstellung macht die Unterschiede recht augenfällig.

Hornhautastigmatismus	bis 0,25	0,5—1,0	1,25—2,0	>2,0 D.
Knaben %	**20,2**	**66,7**	10,5	2,4
Mädchen %	14,0	65,7	**16,7**	**3,7**

Wenn wir nun auf die Seite 15 gestellten Fragen antworten wollen, so können wir also alle, beziehungsweise die dritte, bejahen.

Auf die Würdigung der einzelnen Formen und Grade des Hornhautastigmatismus werden wir an verschiedenen Stellen ein-

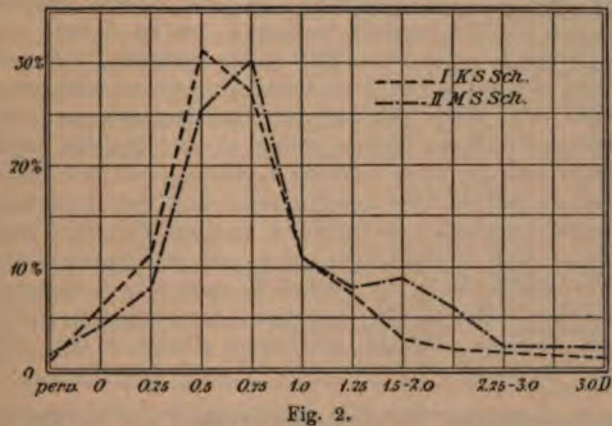


Fig. 2.
Vertheilung des Hornhautastigmatismus von Mat. I und II nach Graden und Geschlecht.

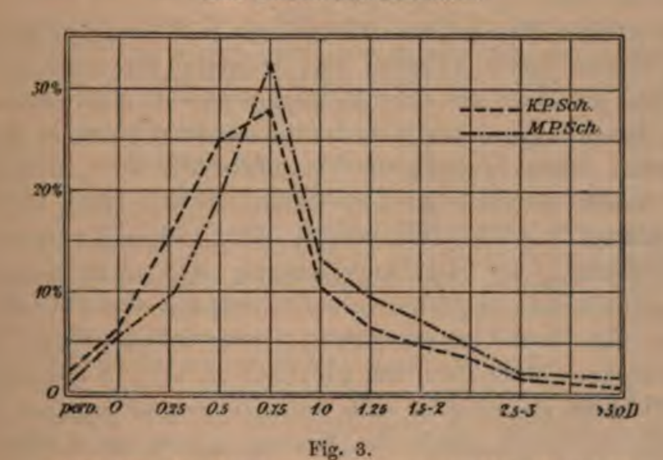


Fig. 3.
Vertheilung des Hornhautastigmatismus von Mat. III und IV nach Graden und Geschlecht.

gehender zurückkommen. Was den objectiven perversen Astigmatismus betrifft, so möge man im § 4 dieses Capitels nachlesen. Auf die Bedeutung von ganz geringem Astigmatismus (0,25) oder den gänzlichen Mangel desselben wird bei der Besprechung der Variabilität des Astigmatismus corneae und später bei den

subjectiven Prüfungen Rücksicht genommen werden, und dem hochgradigen objectiven Astigmatismus werden wir einen eigenen Platz einräumen. (Cap. V.)

Wir haben in der Literatur vergeblich nach Angaben über die Verschiedenheit der Hornhautasymmetrie bei den beiden Geschlechtern gesucht, die sich mit den unsrigen in Parallele stellen liessen. Einzelne Messungen können ja selbstverständlich nichts beweisen. Alles, was wir fanden, bezieht sich auf subjective Prüfungen, wie an geeigneter Stelle gezeigt werden soll. Wenn sich für den Totalastigmatismus aber auch eine gesetzmässige Differenz ergeben sollte, so darf dieselbe nicht ohne grosse Vorsicht auf die oben erörterte Verschiedenheit der beiden Geschlechter bezogen werden. Denn es ist einleuchtend, dass die aus der Consultationsstunde stammenden statistischen Angaben über das Vorkommen der Asymmetrie nach Geschlechtern nicht nur der Ausdruck sind von wirklicher Verschiedenheit in der Häufigkeit, sondern noch mehr von dem verschiedenartigen Auftreten der subjectiven Erscheinungen, das ja von mannigfachen Factoren abhängig sein kann. (Vergl. d. Cap. über den subj. Astigm. II. Abth.)

§ 2. Durchschnittlicher Hornhautastigmatismus und Häufigkeit der einzelnen Grade bei Erwachsenen und bei kleinen Kindern.

(Material V.)

Im vorigen Paragraphen handelte es sich um Schulkinder. Es ergab sich neben anderem eine Differenz der Geschlechter. Wir wollen uns hier auf einen Erklärungsversuch nicht einlassen, nur sei darauf hingewiesen, dass die Untersuchten gerade in jenem Lebensalter stehen, in denen die Verschiedenheit der Geschlechter in der ganzen körperlichen Entwicklung gerade recht deutlich zum Ausdruck kommt. Man möchte daher vielleicht einwenden: »Die Differenzen der Hornhautkrümmung sind nicht eigentlich der Ausdruck von Differenzen der beiden Geschlechter, sondern eher der verschiedenen Entwicklungstufen von Knaben und Mädchen im gleichen Alter. Mädchen von 12—16 Jahren stehen eben einer vollständigen körperlichen Entwicklung näher, als gleich alte Knaben.« Das ist ja leicht zu entscheiden. Man braucht nur die Messungen nach oben und unten auszudehnen, denn die Incongruenz von Alter und Entwicklungsstufe ist ja auf eine verhältnissmässig kurze Zeit beschränkt. Uebrigens lässt sich dieser Einwand auch ohne jede weitere Untersuchung sofort entkräften, da ja gerade die vorgerückteren Mädchen gewölbtere Hornhäute haben, was doch einer früheren Stufe der Entwicklung entsprechen würde und nicht einer späteren.

Aus leicht verständlichen Gründen gaben jene Schuluntersuchungen die zuverlässigsten Resultate. Was alles bei der Aufstellung von physiologischen Durchschnittswerthen berücksichtigt, beziehungsweise vermieden werden soll, lässt sich in Schulen am ehesten durchführen. Gehen wir nach unten oder oben ausserhalb der Grenzen des schulpflichtigen Alters, so werden wir fast immer nach irgend welchen, möglicherweise durchaus nicht gleichgiltigen Gesichtspunkten ausgewähltes Material zur Verfügung erhalten. Man sollte ein ganzes Dorf von einigen tausend Einwohnern durchuntersuchen können, um auch für die nicht Schulpflichtigen, hauptsächlich die Erwachsenen, die nöthigen Zahlen zu gewinnen. Doch dürfte der Versuch auf grosse Schwierigkeiten stossen. Nun ist zwar das Postulat einer so rigorosen Ausscheidung aller bewussten Auswahl der Individuen nicht durchaus erforderlich. Nur darf man die gefundenen Verhältnisse nicht ohne Vorsicht und ohne Motivirung verallgemeinern. Ein Beispiel wird es klar machen, worin möglicherweise Differenzen der zu erwartenden Resultate begründet sein könnten. Wenn gewisse mit zunehmendem Alter auftretende Veränderungen des Astigmatismus oder der Hornhautkrümmung mit der Function des Auges in Verbindung zu bringen wären, dann müssten die Ergebnisse zweifellos verschieden ausfallen, je nachdem Individuen zur Untersuchung kämen, die an die Augen ganz wenig oder aber übermässig viel Anforderungen stellen.

Da nun aber selbstverständlich anzunehmen ist, dass eine allfällige derartige Beeinflussung, die meiner Ansicht nach bis jetzt weder bewiesen noch zurückgewiesen werden konnte, sich so geltend machen müsste, dass die gesteigerte Funktion oder die Ueberanstrengung nicht etwa die alte Form erhält, und die ruhige Entwicklung des Auges zu den bewussten Veränderungen führt, sondern natürlich umgekehrt Ueberanstrengung und Veränderung der Hornhaut causal zusammenhangen, so dürfte man um so mehr veränderte Krümmungsverhältnisse finden, je zahlreicher die Gebildeten und Gelehrten unter den Untersuchten vertreten sind. Ich denke, dass sich dagegen nicht viel einwenden lässt. Da nun die grosse Mehrzahl der untersuchten Erwachsenen diesen Ständen nicht angehört, sondern zur ländlichen Bevölkerung zählt, und trotzdem die angedeuteten Veränderungen thatsächlich bestehen, so kann man wenigstens den Vorwurf nicht machen, dass das Verhältniss der veränderten Hornhäute künstlich (d. h. pathologisch) in die Höhe geschraubt sei, und man wird nothwendigerweise zugeben müssen, dass die gesteigerte Function unter allen Umständen nicht allein — wenn überhaupt — für die Veränderung verantwortlich zu machen ist.

Aber darin lag ja vorläufig für uns nicht die Hauptsache. So interessant es sein muss, dem Grund dieser Variabilität nachzuforschen, so beabsichtigen wir doch in erster Linie das Factum zahlenmässig festzustellen. Weitere Untersuchungen mögen sich nunmehr das erste zum Ziel nehmen.

Die Gruppe Vb besteht aus 300 Individuen mit 600 Augen (Alter 16—88 Jahre).

Je nachdem wir die hochgradigen Fälle (> 2,0 D) ausgeschlossen haben oder nicht, kommen wir auf ein allgemeines Mittel von 0,74 oder 0,87 D.

Auch hier zeigt sich und zwar in jeder einzelnen Altersklasse, eine nicht unwesentliche Differenz zwischen den beiden Geschlechtern. Tabelle 2 und Fig. 4 geben darüber Aufschluss. Die Häufigkeit der einzelnen Grade soll — um Wiederholungen zu vermeiden — mit derjenigen bei den kleinen Kindern sowie der Secundarschüler zusammen im folgenden Paragraphen besprochen werden.

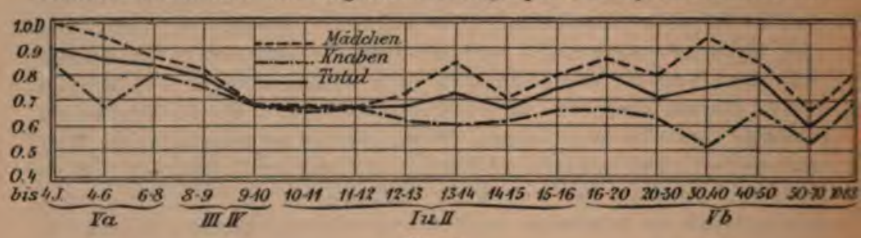


Fig. 4.

Durchschnittlicher Hornhautastigmatismus nach Alter und Geschlecht.

Tabelle 2. **Mittlerer Hornhautastigmatismus nach Alter und Geschlecht** mit Ausschluss der Fälle über 2,0 D.

Gruppe	Alter Jahre	M.	W.	Total
Va	bis 4	0,86	1,0	0,91
	4—6	0.70	0,97	0,84
	6—8	0,81	0,88	0,84
III u. IV	8—9	0,76	0,83	0,79
	9—10	0,71	0,71	0,71
I u. II	10—11	0,67	0,69	0,68
	11—12	0,69	0,70	0,69
	12—13	0,62	0,73	0,68
	13—14	0,60	0,85	0,74
	14—15	0,61	0,72	0,67
	15—16	0,65	0,80	0,76
Vb	16—20	0,64	0,86	0,80
	20—30	0,63	0,80	0,72
	30—40	0,52	0,95	0,75
	40—50	0,66	0,85	0,78
	50—70	0,53	0,67	0,60
	70—88	0,68	0,80	0,76

Gruppe Va enthält 250 Kinder mit 500 Augen (Alter bis 8 Jahre).

Von diesen liess sich nur bei 404 der Astigmatismus so genau bestimmen, wie ich für meine Untersuchungen unerlässlich hielt.

Man wird fragen, warum nicht solche Fälle einfach ausgeschlossen wurden. Daran hinderte uns ein theoretisches und ein practisches Bedenken. Vielleicht, so sagten wir uns, liegt in der Unmöglichkeit oder Schwierigkeit der Untersuchung nicht immer nur der Ausdruck der Unaufmerksamkeit, sondern gerade **der Unfähigkeit zu fixiren**. Lassen wir also solche Fälle grundsätzlich weg, so dürfte uns mancher hochgradige Astigmatismus entgehen, vielleicht auch manche Fälle, die

bezüglich Hornhautasymmetrie nichts ausserordentliches dargeboten hätten, bei denen aber möglicherweise im Zusammenhang mit einer die Sehschärfe herabsetzenden hochgradigen sphärischen Refractionsanomalie die Hornhautkrümmung abnorm gewesen wäre.

Auf diese Weise konnten dann die zurückbleibenden Fälle nicht mehr strenge zur Aufstellung von Mittelwerthen genügen. Wir werden bald sehen, wie sich die Resultate der Untersuchungen zu diesen Muthmassungen verhalten.

Dann lag aber auch ein practischer Grund vor: es war so wie so schwierig, sich eine genügende Anzahl von Kindern der ersten Jahrgänge zur Untersuchung zu verschaffen, und so hätte ich gerade von denen am meisten zurückschicken müssen, die am schwersten zu ersetzen waren.

Nun liegt eine andere Frage und ein Zweifel nahe. Was wurde denn bei diesen Individuen überhaupt noch gemessen? und haben denn die betreffenden Angaben Anspruch auf die nöthige Genauigkeit?

Darauf ist zu bemerken, dass die Frage der Cornealasymmetrie eben nicht das Einzige ist, was wir zu untersuchen beabsichtigten. So war gerade dieses Material besonders interessant zur Beleuchtung der Verhältnisse der Hornhautrefraction in den verschiedenen Lebensabschnitten. Dass bei dieser Gelegenheit der Astigmatismus womöglich gemessen wurde, war ja selbstverständlich, indessen nicht nothwendig. Und so liess sich in der That nicht selten der horizontale Meridian genau messen, während die Bestimmung des senkrechten und somit auch des Astigmatismus misslang. Wer versucht, Kinder zu ophthalmometriren, wird bald erkennen, worauf das beruht. Einmal ist die Tendenz, beim (anbefohlenen) starken Oeffnen der Augen, wie es zur Bestimmung des senkrechten Meridians nothwendig ist, nach oben zu sehen, bei Kindern oft gar nicht zu unterdrücken, und dann kommt es häufig vor, dass die Kinder ganz ruhig in den Tubus sehen, so lange der Bogen stille steht; sowie man aber zu drehen anfängt, folgt der kindliche Blick dem ungewohnten Treiben — dann ist der Versuch in den meisten Fällen ein für alle mal misslungen. War dann aber die Messung im wagrechten Meridian zuverlässig? wird man fragen. Ja! Zwei Umstände geben uns die Gewissheit. Einmal ist eine zweite und dritte Messung im wagrechten Meridian bei ruhig stehendem Bogen fast immer wieder ausführbar und dann giebt die Uebereinstimmung der Resultate auf beiden Augen einen hohen Grad von Sicherheit, wie wir später sehen werden.

Der Durchschnitt für alle Augen der mit Erfolg untersuchten Kinder ergiebt einen Astigmatismus von 0,99 D. Fig. 5 (s. S. 24) giebt uns näheren Aufschluss über die Ursache dieses hohen Mittelwerthes. Während die mittleren häufigsten Grade von 0,5—1,25 D. ganz analoge Procentsätze aufweisen, so gehen die beiden Curven bei den niedersten und den hohen Graden erheblich aus einander.

Wir vermutheten früher, dass möglicherweise unter den nicht untersuchten 96 Augen manche hochgradige Astigmatismen sein

könnten. Das scheint nun nicht zuzutreffen, denn wir sind im Gegentheil überrascht durch ungewöhnlich viel stark astigmatische Augen. — Woher kommen diese vielen hohen Grade von Asymmetrie? Sollte das wirklich eine Eigenthümlichkeit des kindlichen Alters sein?

Oder ist doch vielleicht in einigen Fällen bei der senkrechten Stellung des Ophthalmometerbogens der Blick ein wenig nach oben oder unten abgelenkt gewesen, was ja einen stärkeren Astigmatismus vortäuschen könnte?

Das sind Fragen, die schwer zu beantworten sind. Wenn unter den nicht untersuchten 96 Augen sehr wenige mit irgend-

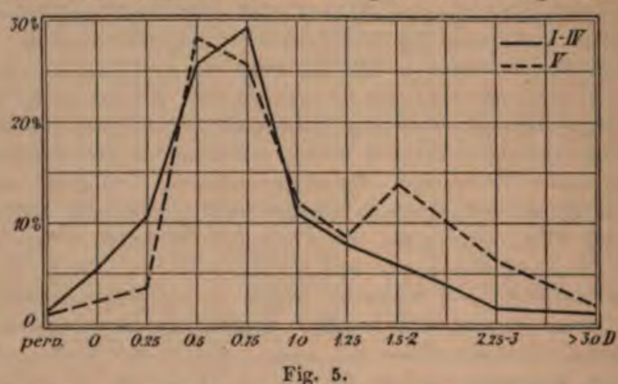


Fig. 5.
Vergleich der Vertheilung der Grade des Hornhautastigmatismus bei Mat. I—IV und den Kindern von V.

wie erheblichem Astigmatismus sich befinden sollten und dafür um so mehr mit ganz geringer Asymmetrie, so würde sich die Vertheilung übrigens viel mehr der normalen nähern. Irgendwohin müssen jene Augen gehören. Nun ist es ja unwahrscheinlich, dass die Hornhaut bei Kindern so erheblich viel häufiger astigmatisch sein wird als später. So kämen wir beinahe per exclusionem zur Vermuthung, es möchten wirklich unter den fehlenden 96 Augen unverhältnissmässig viel äusserst schwach oder gar nicht asymmetrische gewesen sein.

Wie gesagt ist das nur eine Vermuthung, die aber immerhin nicht ganz in der Luft steht, einmal wegen der angeführten Vertheilung der 404 Augen und dann, weil wir uns recht wohl vorstellen können, warum denn gerade solche Fälle der Untersuchung so grosse Schwierigkeiten bereiten konnten.

Es wird Jedem, der sehr viel untersucht hat, aufgefallen sein, dass häufig eben die geringsten Grade von Astigmatismus schwerer zu be-

stimmen sind, als die mittleren. Schon das Aufsuchen des Meridians schwächster Krümmung verlangt hier nicht selten ein mehrmaliges Hin- und Herdrehen des Bogens. Dann ist man bei Hornhäuten mit äusserst geringem Astigmatismus viel häufiger im Zweifel, was man ablesen soll — $^1/_4$ Dioptrie mehr oder weniger — als bei mittleren Graden. Das verzögert die Untersuchung und stellt die Geduld der kleinen Kinder zu sehr auf die Probe. Wie man sich bei perversem Astigmatismus überzeugen kann, ist die Einstellung der Scheiben im vertikalen Meridian schwieriger, zum Theil wegen der schwachen und ungleichen Beleuchtung beider Scheiben, zum Theil wegen der Form der Lidspalte. Diese Schwierigkeit macht sich also auch überall da geltend, wo das Vorhandensein dieser Form ernstlich in Frage kommt, d. h. da, wo ein erster flüchtiger Blick keinen Hornhautastigmatismus zeigt, und erst eine nochmalige genaue Einstellung Sicherheit geben kann. Es fehlt also sicherlich nicht an Gründen, die das Misslingen der Untersuchung gerade in solchen Fällen mit sehr schwacher Asymmetrie der Hornhautkrümmung erklären könnten.

Wie dem auch sei — mögen diese oder jene Grade häufiger der genauen Messung entgangen sein — der Fehler wird sich doch mit grosser Wahrscheinlichkeit auf beide Geschlechter gleichmässig vertheilen. Es soll deshalb diesem Punkte noch einige Aufmerksamkeit geschenkt werden. Fig. 4 giebt ein unzweideutiges Bild. Auch hier, wie bei den Schulkindern und den Erwachsenen, sind alle Fälle mit einer Asymmetrie von mehr als 2,0 Dioptrien weggelassen worden, denn diese vertheilen sich so launenhaft, dass sie alle etwaigen physiologischen Differenzen der verschiedenen Altersklassen verdecken können. Wenn ja beispielsweise auf 50 Personen eine einzige einen Astigmatismus von 5,0 D hat, so hebt der gleich den ganzen Durchschnitt um 0,1 D. Da die Mädchen verhältnissmässig viel hohe Grade zeigen, so würde mit Einbeziehung derselben die Differenz der Geschlechter noch bedeutender werden.

Die Resultate sind in Tabelle 2 oben schon gegeben worden.

§ 3. Variabilität des Hornhautastigmatismus.
Astigm. obj. perv.

In den vorhergehenden Paragraphen wurden schon die Differenzen angedeutet, die sich aus der gesonderten Betrachtung des Hornhautastigmatismus in den verschiedenen Lebensabschnitten ergaben. Nun sollen die Resultate der drei Altersgruppen eingehender verglichen werden.

Es sei noch vorausgeschickt, dass die Differenz der beiden Geschlechter sich in allen Gruppen zeigt. Betrachten wir noch

einmal Fig. 4. So regellos die Curven auch zu verlaufen scheinen — eines bleibt doch fast constant: die stärkere Elevation für das weibliche Geschlecht. Nur von 9—12 Jahren ist fast keine Differenz zu bemerken. Ob das ein Zufall ist oder was für eine Bewandtniss es hat mit dieser Erscheinung — ich vermag es nicht zu sagen. Die stärkeren Unregelmässigkeiten an den Enden der Curven mögen mit den kleineren Zahlen der Gruppe V zusammenhängen.

Bemerkenswerth sind die Schwankungen des mittleren Astigmatismus in den verschiedenen Altersgruppen, die ebenfalls in Fig. 4 (ausgezogene Linien) dargestellt sind. Bis zum 8. Jahre werden sehr hohe Mittelwerthe gefunden. Dann sinkt die Curve und bleibt — so lange ein reiches Material zur Verfügung steht — innerhalb ziemlich enger Grenzen, d. h. innerhalb 0,67 und 0,76 D, um in Gruppe Vb neuerdings unregelmässig zu werden. Was am meisten auffällt, ist das rasche Abfallen, das bei den Frauen mit dem vierzigsten, bei den Männern mit dem fünfzigsten Altersjahr beginnt, und das erneute Ansteigen im höchsten Alter. Wir werden gleich näher auf diese merkwürdige Erscheinung eingehen. Hier wollen wir nur bemerken, dass kein Zufall daran Schuld ist, wie schon das Uebereinstimmen der Curven für beide Geschlechter wahrscheinlich macht.

Wir haben in Fig. 1 eine Curve der Häufigkeit der verschiedenen Grade des Astigmatismus gegeben. Sie kann als Normalcurve gelten, weil sie auf einem homogenen und zugleich grossen Material beruht. Allerdings gilt sie nicht ohne weiteres für das Auge des ausgewachsenen Menschen, denn sie umfasst Kinder von 8—16 Jahren, gleichmässig auf Alter und Geschlecht vertheilt. Indessen gehen bis zum Anfange der Regression nach dem vierzigsten Jahre keine sehr bemerkenswerthen Veränderungen des Hornhautastigmatismus vor sich und da — und das ist natürlich der Hauptgrund — eine Curve auf auch nur annähernd so gleichmässiges und so reichhaltiges Material gestützt, für Erwachsene nicht vorliegt und wahrscheinlich kaum bald vorliegen wird, so müssen wir uns nothgedrungen an das vorhandene halten. — Wir wollen noch einmal kurz auf die Eigenthümlichkeiten dieser Curve aufmerksam machen, um uns zu vergegenwärtigen, was der näheren Untersuchung und der Vergleichung mit den zu erstellenden Curven für Kinder und Erwachsene bedarf.

1. Die Curve culminirt bei 0,75 D, während 0,5 dem höchsten Punkte sehr nahe kommt und es entfallen auf 0,5 und 0,75 **55,1%**;
2. unter 0,5 D finden wir nur 16,9%,
   über 0,75 D dagegen . . 28,0%;
3. die 16,9% unter 1,5 D fallen zu fast $^2/_3$ auf 0,25 D, zu fast $^1/_3$ auf 0, und der perverse Astigmatismus ist mit nur 1,2% vertreten (fast ausschliesslich 0,25 D, nur wenige Fälle von 0,5 D);
4. von den 28% über 0,75 D liegen 24,9% bis zu 2,0 D, d. h. innerhalb der Grenze, die wir für den starken Astigmatismus früher angenommen hatten; 3,1% liegen darüber;
5. wenn wir das pathologisch erklären: einerseits den perversen, andererseits den gewöhnlichen Astigmatismus von 1,5 D und darüber, so sehen wir, dass ungleich mehr Fälle der zweiten Kategorie angehören.

Wie gestalten sich nun diese Verhältnisse bei Erwachsenen und wie im hohen Alter?

I. Gruppe	16—30 Jahre.		III. Gruppe	50—70 Jahre.	
II. „	30—50 „		IV. „	70—88 „	

Um nicht eine zu complicirte Figur zu erhalten, wollen wir nicht alle Curven mit der Normalcurve zu einem Bilde vereinigen, sondern jede Gruppe gesondert mit derselben in Beziehung bringen. Es wird dann ein leichtes sein, durch vergleichen der einzelnen Figuren die fortschreitenden Veränderungen zu erkennen. — Wie man sieht, wurde die Normalcurve etwas vereinfacht.

In Fig. 6d (s. S. 28) müsste die punktirte Linie die gewünschte Curve für Erwachsene darstellen. Allein wegen der geringen Zahl der verwendeten Augen (200) wagen wir nicht, dieselbe als solche auszugeben. — Die auffälligste Abweichung von der Normalcurve besteht in einem erheblichen Zurücktreten der Fälle mit 0,75 D gegenüber demjenigen mit 0,5 D. Dann soll auf das Anwachsen des Astigmatismus perv. aufmerksam gemacht sein.

In Fig. 6c (s. S. 28) hält sich 0,75 ziemlich gleich; 0,5 hingegen fällt wieder ab, wie wir sehen zu Gunsten des perversen Astigmatismus.

Fig. 6b (S. s. 28) fällt durch den gestreckten Verlauf auf. 0,5 D erhebt sich nur noch schwach und 0,75, das früher so hoch war, sinkt hinter 0, 0,25 und pervers zurück.

Und nun gar Fig. 6a. Da schnellt auf einmal der perverse Astigmatismus so hoch hinauf, wie weder 0,5 noch 0,75 je standen. Diese beiden Categorien bleiben indessen ähnlich, wie sie in der vorhergehenden Classe waren, und es scheint der Aufstieg des perversen Astigmatismus hauptsächlich auf Kosten der Fälle von 0 und 0,25 zu stande gekommen zu sein.

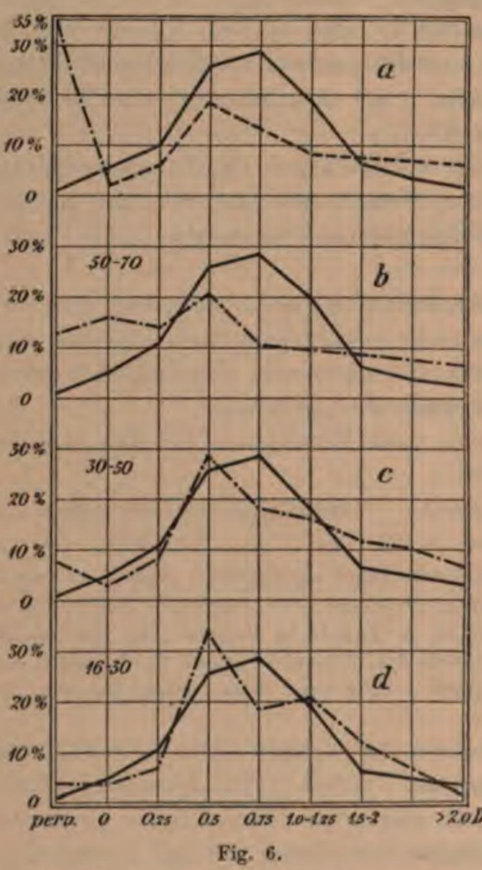


Fig. 6.

Der Hornhautastigmatismus im jugendlichen verglichen mit demjenigen im erwachsenen Alter.

Dass die hohen Grade von Asymmetrie sich schwer in eine Regel bringen lassen, wurde schon erwähnt. Immerhin ist es auffällig, dass in allen 4 Gruppen mehr Fälle von 1,5 und mehr D sich vorfanden, als bei Schulkindern. Doch wollen wir hier nicht näher auf diese Erscheinung eingehen.

Es bleibt also noch die Rubrik 1,0—1,25 D, in der ein beständiges Abfallen bis in's höchste Alter zu constatiren ist.

Fassen wir alle diese Bemerkungen zusammen, so ergiebt sich, dass:

1. das zunehmende Alter die Anzahl der hohen Grade von Astigmatismus nicht merklich beeinflusst;
2. die Fälle direct über dem Mittel und die diesen entsprechenden beständig abnehmen;
3. die Hornhäute mit geringstem oder gar keinem Astigmatismus von 16—30 Jahren etwas seltenes sind, dann

vom 50.—70. Altersjahre rasch zunehmen und schliesslich im Greisenalter wieder recht selten werden;

4. der perverse Astigmatismus bis zum 70. Jahre ganz allmählich und von da ab rapid an Häufigkeit zunimmt.

Das heisst mit anderen Worten: Die Hornhäute mit starker Asymmetrie scheinen sich im Verlaufe des Lebens nicht wesentlich zu ändern, dagegen hat ein sehr grosser Theil der Augen mit einem ursprünglichen Astigmatismus von 0,5—1,25 D die unverkennbare Tendenz, sich abzuflachen und nur noch ganz geringen oder gar keinen Astigmatismus mehr zu zeigen.

Leider hört aber hier der Process nicht auf, sondern führt die meisten auf diesem Wege befindlichen Augen dem perversen Astigmatismus zu.

Recht interessant ist eine Vergleichung der von Pflüger (2) in Berlin mitgetheilten einschlägigen Beobachtungen, soweit sie die Meridianverhältnisse betreffen. Zwar handelt es sich dort um Material aus der Sprechstunde, und es spielen somit noch eine Reihe anderweitiger, hier nicht in Frage stehender Factoren eine Rolle. Es wird deshalb bei der im zweiten Abschnitt zu besprechenden subjectiven Prüfung eingehender auf die Einzelheiten eingegangen werden. Ich kann aber gleichwohl nicht unterlassen, die folgenden Zahlen schon hier anzuführen.

Objective Meridianstellung in den verschiedenen Decaden

	bis 10 J.	—20 J.	—30 J.	—40 J.	—50 J.	—60 J.	>60 J.
—	97	92	89	82	75	73	53
|	0	5	10	14	15	22	39

Es sollen nun an der Hand von Fig. 7 (s. S. 30) noch einige Eigenthümlichkeiten dieser Wanderung besprochen werden. Dabei wollen wir auch die Kinder der Gruppe Va mit berücksichtigen, immerhin mit der im § 2 gemachten Reserve.

Die drei Curven stellen dar:

1. die Häufigkeit des Hornhautastigmatismus von 0,5—1,25 D während der verschiedenen Lebensperioden;

2. die Schwankungen der geringsten Grade und der Augen ohne Astigmatismus corneae;

3. das Ansteigen des Astigmatismus perv.

Curve 1 ist nicht zu missverstehen. Merkwürdig ist das plötzliche Aufhören des Abfalls bei 70 Jahren.

Curve 3 steigt beständig — um so rascher, je älter die Individuen sind — und gerade da am meisten, wo die Curve der

mittelgradigen Fälle aufhört zu fallen, worauf speciell aufmerksam gemacht sei.

Und nun die Zickzacklinie der geringsten Grade? Wir wollen zuerst den zweiten Anstieg bei 50—70 Jahren betrachten, da wo die obere Curve plötzlich so tief gesunken ist. Man sieht auf den ersten Blick, dass gerade diese Fälle von 0 und 0,25 den Abgang der oberen von 0,5—1,25 D decken, wenigstens zum grösseren Theil, denn der perverse Astigmatismus hält in seinem Ansteigen nicht gleichen Schritt.

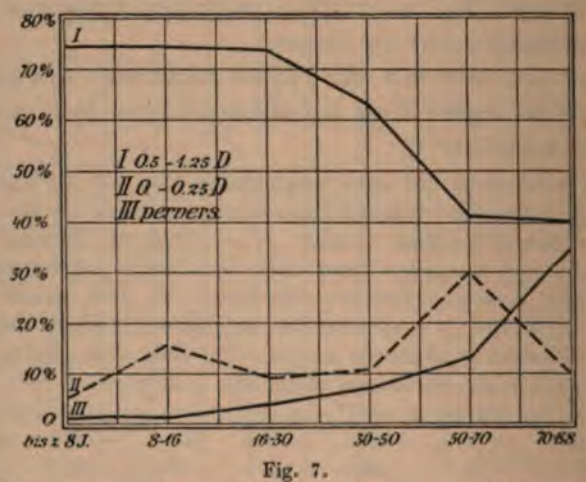


Fig. 7.

Vertheilung von mittlerem, schwachem und perversem Astigmatismus nach den verschiedenen Lebensperioden.

Bis zum 70. Lebensjahre sind also fast alle mittelgradigen Astigmatismen, die zum Uebergang in perversen bestimmt sind — wer mag wissen aus was für Gründen — unter 0,5 D gesunken und zu mehr als $^2/_3$ sind daraus Hornhäute ohne oder mit geringstem Astigmatismus geworden.

Nun scheint die »Auslese« beendigt zu sein. — Doch könnte hier eine Zufälligkeit vorliegen. — Die letzte Altersgruppe drückt die mittleren Grade in ihrer Häufigkeit kaum noch eine Spur hinunter. Allein die im Fluss befindlichen wandern weiter und die grosse Menge von 0 und 0,25 wird pervers: ebenso rasch, wie die Curve dieser steigt, sinkt diejenige der geringsten Grade. Schöner könnte der Durchgang der neuen Fälle von perversem Astigmatismus durch 0,25 und 0 hindurch nicht dargethan werden.

Wie gesagt hört nun aber der Process nicht auf und die genaue Verfolgung dieser Fälle gehört zum Interessantesten, was uns bei den vielen Untersuchungen begegnet ist.

Es soll gleich näher darauf eingegangen werden. Vorerst aber wollen wir noch einen Blick auf die erste Erhebung der Curve II werfen. Wir wissen jetzt, wie der Anstieg bei Gruppe 50—70 erklärt wurde. Sollte nicht vielleicht hier etwas analoges vorliegen? Sollten das nicht vielleicht jene Fälle sein, die im mittleren Alter zu perversen werden, gleichsam ein erster Schub? Das wurde oben vermuthungsweise schon ausgesprochen und gewinnt im Zusammenhang der ganzen Frage viel an Wahrscheinlichkeit. Woher das kommt, dass ein Theil der Augen diesem Process früher unterliegt, als die grosse Menge, wissen wir freilich nicht. Allein die Thatsache ist ja genügend dargethan, und dass diese Fälle als Vorstufe einmal 0,25 und 0 zeigten, liegt auf der Hand.

Der Uebergang von normalem in perversen Astigmatismus gewinnt nun noch viel an Interesse, wenn wir nicht nur die Anzahl der betreffenden Fälle berücksichtigen, sondern den Grad der neuen Form der Asymmetrie. Ein Blick auf Tabelle 3 giebt gewiss ein recht merkwürdiges Bild.

Tabelle 3. Vertheilung von 100 Augen von 70—80 Jahren und Vergleich mit 100 Augen aus der Jugend. (I—IV.)

Alter	Perverser Astigmatismus										0	Astigmatismus nach der Regel						
	2,5	2,25	2,0	1,75	1,5	1,25	1,0	0,75	0,5	0,25		0,25	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5—2,0	>2,0
8—16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	5	11	26	29	11	8	6	3
70—88	1	1	—	2	5	2	2	7	7	8	4	6	19	13	5	3	8	7

Man sieht leicht ein, dass diese gewaltigen Veränderungen der Hornhautkrümmung den Durchschnitt des Astigmatismus beeinflussen müssen. In der That kann es nicht gleichgiltig sein, ob in einem gegebenen Momente, z. B. in der Gruppe 50—70 Jahre, ein Theil jener Fälle, die jetzt einen perversen Astigmatismus von 0,75—2,5 D zeigen 0,5 oder 0,25 nach der Regel oder gar keinen Hornhautastigmatismus zeigten. Der gesammte perverse Astigmatismus von 70—88 Jahren beträgt für

35 Augen 31 D. Rechnen wir hiervon den Betrag des perversen Astigmatismus der Gruppe 50—70 Jahre ab, so bleiben noch 14,75 D Zunahme, d. h. 0,15 D für jedes Auge. Nun erinnern wir uns an Fig. 4, und wir sehen, dass, nachdem der allgemeine Durchschnitt von der Gruppe 30—50 Jahre zu derjenigen von 50—70 Jahren gesunken war, er im höchsten Alter wieder beträchtlich steigt, eben um jene 0,15 D. Es ist also jene Einknickung der Curve, wie wir schon oben sagten, keine Zufälligkeit, sondern nur ein anderer Ausdruck für die Thatsache, dass im späteren Alter eine grosse Zahl von Hornhäuten zuerst den Astigmatismus verliert und nach und nach perversen bis zu hohen Graden annimmt. Dass die Curve nachher wieder steigt, ist der Art der Darstellung zuzuschreiben. Die tiefste Stelle ist ein Durchgangspunkt, kein Wendepunkt, wie leicht ersichtlich würde, wenn der perverse Astigmatismus seinem entgegengesetzten Charakter gemäss mit dem — Zeichen in die Rechnung eingesetst würde.

Es müsste von grossem Interesse sein, die gleichen Individuen nach Verfluss einer genügend langen Zeit von neuem zu untersuchen. Genau verfolgte Fälle sprechen ja immer deutlicher als Durchschnitte. Wie in der Einleitung hervorgehoben wurde, haben wir eine Anzahl solcher Nachuntersuchungen vorgenommen. Allein sie fallen in ein zur Beleuchtung der vorliegenden Frage so ungünstiges Alter, dass zum vornherein nicht viel Aufschluss zu erhoffen ist. Immerhin scheint sich etwas positives zu ergeben.

Der durchschnittliche Astigmatismus der ersten Untersuchung ist von 0,98 auf 0,95 D. herabgegangen und ohne Rücksicht auf die hochgradigen Fälle von 0,78 auf 0,75. Das ist ja allerdings recht wenig, mit Rücksicht auf das Alter des Untersuchten und auf den geringen Intervall zwischen den beiden Untersuchungen dennoch nicht ohne Bedeutung. Und dann spricht die Art und Weise der Verschiebung sehr für die Natur der Abnahme der mittleren Asymmetrie. Es sind nämlich einige mittelstarke Fälle von Astigmatismus in die Gruppe der unter dem Mittel liegenden gerückt. Die Abflachung der über demselben gelegenen hat aber nicht nur diesen Verlust gedeckt, sondern die Anzahl der mittleren Fälle (0,5—0,75 D.) noch erhöht. Genau das, was wir oben als Vorbereitungsstadium zum Uebergang in den perversen Astigmatismus hingestellt haben.

Tabelle 4 soll diese Verschiebungen veranschaulichen.

Astigmatismus	pervers	0—0,25	0,5—0,75	1—2,0	2,25—5,0
I. Untersuchung . .	1,0%	7,3%	56,7%	27,0%	8,0%
II. Untersuchung . .	1,0%	**10,0%**	**58,0%**	24,3%	7,7%

In wie weit eventuelle Untersuchungsfehler verantwortlich gemacht werden könnten, soll im Abschnitt über die Hornhautrefraction besprochen werden. —

So viel ergiebt sich aus der doppelten Untersuchung. Könnten wir eine solche nach vielen Jahren wiederholen, so würden die Resultate zweifellos überzeugender ausfallen. Am dankbarsten aber müsste eine Nachuntersuchung bei den ältesten Individuen sein. Da müssten sich in verhältnissmässig kurzer Zeit nicht nur viel mehr, sondern auch viel stärker veränderte Krümmungsverhältnisse ergeben.

Nun liesse sich noch manche Frage stellen. Wir haben gelegentlich den Ausdruck »Abflachung« gebraucht. War das richtig? lässt sich wirklich ermitteln, ob die Veränderung des Hornhautastigmatismus wirklich einer Abflachung im senkrechten und nicht eher einer stärkeren Wölbung im wagrechten Meridian seine Entstehung verdankt? Wir behalten uns vor, in einem späteren Abschnitte auf diese Frage einzugehen.

Ferner wäre es interessant zu wissen, wie die beiden Geschlechter sich dem besprochenen Process gegenüber verhalten. Wir müssen darauf verzichten, diese Frage zu verfolgen. Nicht etwa darum, weil wir keine Unterschiede erwarteten, wohl aber wegen der geringen Anzahl der verwerthbaren Fälle, was ja nur zu leicht auf irrthümliche Schlüsse führen kann.

Denn darauf lässt es sich wohl nur zurückführen, dass beispielsweise von den 36 Augen der männlichen Individuen von 70—88 Jahren 22 = 60% perversen Astigmatismus aufweisen, von den 74 Augen der weiblichen Individuen im gleichen Alter aber nur 13 = 17%, während doch bei der Gruppe 50—70 Jahre mit 48 und 52 Augen die Häufigkeit für beide Geschlechter fast genau gleich ist, nämlich 12,5 : 13,4%. Oder sollte wirklich das männliche Geschlecht im höchsten Alter diesem Process eher unterworfen sein?

Ueberhaupt wollen wir, um Missdeutungen vorzubeugen, auch für das gesammte hierzu benutzte Material viel weniger Werth legen auf die absoluten Zahlen, auf die Häufigkeit, als vielmehr auf die zweifellos feststehende Thatsache der Variabilität des Astigmatismus im Alter, speciell des Ueberganges von Astigmatismus nach der Regel in solchen gegen die Regel. Dabei wollen wir noch einmal darauf aufmerksam machen, dass es hauptsächlich die Fälle mit mittleren und geringen Graden sind, die der Veränderung am ehesten zu unterliegen scheinen. Das ging aus dem Gleichbleiben der Zahl von Augen mit hochgradigem Astigmatismus hervor. Es zeigte sich weder eine erhebliche Zunahme der Fälle, noch eine auffällige Veränderung des Grades, sei es im Sinne einer Progression der Asymmetrie oder einer Abnahme, so dass es fraglich bleibt, ob überhaupt diese Fälle an der allgemeinen Abflachung der senkrechten oder stärkeren Wölbung des wagrechten Meridians theilnehmen. Es kann also auf jeden Fall die gefundene Variabilität keine Eigenschaft des Astigmatismus an und für sich sein. Sie ist im Wesentlichen eine Erscheinung der normal gekrümmten Hornhaut, ob physiologisch oder pathologisch soll hier nicht untersucht werden. Denn da von verschiedenen Seiten der perverse Astigmatismus mit dem Glaucom in Verbindung gebracht worden ist, zum Theil als Ursache, zum Theil als Folge, und wir uns über diese Fragen später auch auszusprechen haben, so wollen wir uns hier auf einen Versuch der Erforschung der Aetiologie des perversen Astigmatismus nicht einlassen.

Die Angaben über die Variabilität des Hornhautastigmatismus sind sehr spärlich. Man darf selbstredend damit nicht diejenigen über subjectiven Astigmatismus verwechseln, denn dass gewaltige Aenderungen des letzteren bei völliger Stabilität des ersteren häufig genug vorkommen, wird sich aus der einschlägigen Besprechung im zweiten Abschnitt ergeben.

Donders (5 p. 433) meint, dass der Astigmatismus nahezu den gleichen Grad behalte, was ja auch wir für hohe Grade annahmen, und darum kann es sich doch wohl nur handeln.

Bull (14) nimmt an, dass die Veränderungen des Hornhautastigmatismus beim Erwachsenen sowohl, als in der Kindheit unbedeutend seien; nur diejenigen des Linsenastigmatismus seien positiv.

Auf die Vermuthung von Schön (15): „es ist durchaus nicht unmöglich, dass nicht bloss der Linsen-, sondern auch der Hornhautastigmatismus wandelbar ist", wollen wir hier nicht eingehen, da sich der Autor nicht auf objective Messungen stützt.

§ 5. Hornhautastigmatismus auf beiden Seiten.

Eine der auffallendsten Thatsachen, welche die Massenuntersuchungen der menschlichen Hornhaut ergeben haben, ist die wunderbare Gleichförmigkeit der beiden Hornhäute eines Individuums. Ist es nicht staunenswerth, dass nicht nur die Brechungsverhältnisse der normalen Cornea, wie wir weiter unten sehen werden, sondern auch Abweichungen von der Norm — der pathologische Astigmatismus — wenn auch nicht immer, so doch äusserst häufig von nahezu mathematischer Symmetrie sind? Wir haben früher mitgetheilt, dass gleiche Resultate auf beiden Augen bei schwierig zu untersuchenden Individuen sehr für die Richtigkeit des Resultates sprechen. Die folgenden Zahlen werden den Beweis leisten.

Es kam zur Verwendung das bis jetzt benutzte Material mit Ausschluss der jüngsten Kinder. Wir hatten ja bei deren Untersuchung gelegentlich die Uebereinstimmung von Rechts und Links als Kriterium der Zuverlässigkeit der Messung benutzt. Somit sind die Ergebnisse bis zu einem gewissen Grade beeinflusst und dürfen hier nicht mit verwerthet werden.

Die bleibenden Fälle wollen wir in vier Gruppen theilen:

1. 10—16 Jahre
2. 16—30 „
3. 30—50 Jahre
4. mehr als 50 Jahre.

Tabelle 5. Die Häufigkeit von gleichem, bezw. ungleichem Hornhautastigmatismus auf beiden Augen.

		I.	II.	III.	IV.	
Hh. astigm.	genau gleich	69%	62%	50%	39%	a)
„	ungleich	31%	38%	50%	61%	
„	gleich oder fast gleich (Diff. bis 0,25) . .	91%	87%	78%	61%	b)
„	mit Diff. > 0,25 D	9%	13%	22%	39%	

Es zeigt sich in erster Linie die merkwürdige Erscheinung, dass das Verhältniss von gleichem und ungleichem Hornhautastigmatismus mit zunehmendem Alter sich bedeutend ändert — ein neuer Beweis für die Variabilität desselben.

Nehmen wir die Zahlen unter a), d. h. für die absolute Gleichheit, so finden wir in der Jugend (10—16 Jahren) beinahe $^7/_{10}$ aller untersuchten Augen; im früheren Alter der Erwachsenen fällt der Procentsatz bereits auf $^6/_{10}$, dann auf $^5/_{10}$, und im Greisen-

alter gar auf 4/10, d. h. es beeinflusst der Process, der den regulären Astigmatismus der älteren Augen nach und nach in perversen überführt, sehr häufig nicht beide Augen im gleichen Maasse.

Die älteren Augen sind also, wie wir sehen, verdorben. Sie geben nicht mehr den richtigen Ausdruck für die Genauigkeit und Gesetzmässigkeit, mit denen der Organismus die feinsten Organe ausarbeitet. Die jüngern hier berücksichtigten Augen aber zeigen uns die wahren Verhältnisse; ja es ist sogar anzunehmen, dass die Gleichmässigkeit in frühester Jugend noch ausgesprochener sein wird.

Also 69% ganz gleich (über Fehlergrenze s. Cap. II) und 91% bei Zulassung einer Differenz von 0,25 D. Aber auch von den noch bleibenden 9% entfallen wieder 5,4% in die nächste Nähe (0,5 D) und nur 3,4% weisen eine Differenz von 0,75 D und mehr auf.

Grosse Differenzen sind überhaupt selten und zeigen sich naturgemäss am ehesten bei ein- oder doppelseitigem hochgradigen Astigmatismus. Das ergiebt sich deutlich aus folgender Berechnung. Der durchschnittliche Astigmatismus der 16 Individuen mit einer Differenz die 1,0 D übersteigt, beträgt **1,93 D**, während ja der allgemeine Durchschnitt 0,78 D war.

Im Speciellen kamen folgende ungewöhnliche Differenzen zur Beobachtung:

2 D 2 mal	2,75 2 mal	4,75 1 mal
2,25 1 „	3,0 1 „	
2,5 1 „	3,25 1 „	

Bei der Besprechung des hochgradigen Astigmatismus werden wir auf diese Frage zurückkommen.

Auf die Frage, ob das rechte oder das linke Auge häufiger das mehr astigmatische sei, können wir keine allgemein giltige Antwort geben. Es liess sich keine Gesetzmässigkeit auffinden; bald überwog das rechte, bald das linke; doch waren die Unterschiede nie bedeutend.

Angaben über Differenzen des Astigmatismus auf beiden Seiten finden sich in der Literatur nicht selten. Häufig wird es sich zwar nicht um objective, sondern um subjective Prüfungen handeln. So wird z. B. auch die Bemerkung Mauthner's (16 : p. 775) zu verstehen sein: „Es kommt sehr häufig vor, dass der Grad auf beiden Augen wesentlich verschieden ist".

Sehr häufig kann man diese Beobachtung allerdings nur dann machen, wenn man überhaupt nur hochgradigen Astigmatismus berücksichtigt.

Vossius (17) kommt der Wahrheit näher, wenn er sagt, dass meist beide Augen ziemlich gleichmässig astigmatisch seien, dass aber auch einseitiger Astigmatismus sowohl bei Emmetropie als bei Ametropie zu finden sei. Er fügt noch bei, dass er in letzterem Falle gewöhnlich die Ursache von Strabismus sei. Wir werden darüber im zweiten Abschnitt zu sprechen haben.

Dass alle Forscher, die mit dem Javal'schen Ophthalmometer Untersuchungen anstellten, die wunderbare Uebereinstimmung beider Augen, aber auch die ausnahmsweise grossen Differenzen gesehen haben, liegt auf der Hand. Wir wollen gar nicht näher darauf eingehen. Dagegen verdient eine andere Frage noch eine kurze Besprechung. Norderson & Schiötz suchten die Ungleichheit des Astigmatismus mit der sphärischen Refraction in Zusammenhang zu bringen, und der erstere kommt zu dem Schlusse, dass man bei Hypermetropen relativ die grösste Zahl von Augen mit verschiedenem Grad des Astigmatismus antreffe. Dagegen ist — ganz abgesehen von den zu kleinen Zahlen, die verwendet wurden — noch daran zu erinnern, dass ein gewisser Grad von Hypermetropie der Primärzustand des Auges ist, und dass Emmetropie und Myopie daraus hervorgehen. Es ist also schon zum vornherein nicht recht einzusehen, wie hypermetropische Augen öfter eine mit fortschreitendem Alter an Häufigkeit zunehmende Asymmetrie aufweisen sollten. (Vielleicht verursacht hie und da eine Differenz des beiderseitigen Astigmatismus ein vorzeitiges Manifestwerden einer latenten Hypermetropie.) Man hüte sich, sphärische Refraction und Astigmatismus ohne gute Gründe in einen causalen Zusammenhang zu bringen. (Vergl. Abschnitt II.)

Schiötz fand bei 198 Individuen mit einfachem Astigmatismus 44 mal eine Differenz, 40 × bis 0,5 D
4 × > 0,5 bis 1,0 D

bei 74 Anisometropen (Emmetropie und Ametropie) zeigten 25 eine Differenz von 0,5 und mehr, während 49 mal Gleichheit bestand. Auffallend ist die Angabe, dass von den 25 Individuen 22 auf dem ametropischen (hyp. od. myop.?) den grösseren Astigmatismus hatten und nur 3 auf dem emmetropischen. (Ob Ursache oder Wirkung, oder Coïncidenz oder Parallelsymptom s. Abschnitt II.)

Wir unterbrechen nun für einige Augenblicke das Studium des Hornhautastigmatismus, um uns demjenigen der Hornhautrefraction zuzuwenden. Es ergeben sich daraus, wie sich bei der Wiederaufnahme des ersten Themas erweisen wird, neue Gesichtspunkte zur Beurtheilung der Hornhautasymmetrie.

II. Capitel.

Die Hornhautrefraction.

Bei der Betrachtung der Cornealrefraction gehen wir von einem bestimmten Meridian aus. Wäre die Hornhaut in allen Richtungen gleich stark gekrümmt, so würde diese Einschränkung nicht nöthig sein. Nun wissen wir aber, dass Ungleichheiten der Krümmung der einzelnen Meridiane durchaus die Regel sind, dass es einen Meridian stärkster und einen solchen schwächster Krümmung giebt. Der Unterschied wird durch den Astigmatismus der betreffenden Hornhaut ausgedrückt. Bei unsern Untersuchungen haben wir, wie es alle Untersucher thun, weil das Javal'sche Ophthalmometer unmittelbar zu einer solchen Bezeichnungsweise führt, immer den Meridian schwächster Krümmung aufgeschrieben, gleichviel ob es der wagrechte oder der senkrechte oder ein beliebig schräger gewesen sein mochte. Nun aber handelt es sich darum, die Ergebnisse der Untersuchungen zu vergleichen und Durchschnittswerthe zu suchen, und da können wir zweifelsohne nicht ohne weiteres die notirten Minimalwerthe benutzen.

Wir könnten uns allerdings auch fragen, welches die durchschnittliche minimale Hornhautkrümmung sei und welches die maximale. Nur glaube ich, hätte ein solches Vorgehen keinen rechten Sinn und die Resultate keine allgemeine Giltigkeit. Wenn in einem gewissen Alter der perverse Astigmatismus eine Rarität, in einem späteren aber etwas ganz Gewöhnliches ist, so kommen wir dort selten in den Fall, als minimalen Meridian einen vertikalen zu verrechnen, hier aber äusserst häufig, und es müssten sich also die Durchschnittswerthe im ersten Falle näher dem Mittel des horizontalen Meridians finden, im andern Falle aber näher demjenigen des vertikalen und dann wüsste man immer noch nichts Bestimmtes über die Brechkraft dieser Hauptmeridiane selbst.

Und wenn durch die im ersten Capitel ausgeführte Veränderung des Astigmatismus, das Uebergehen in die perverse Form, nur ein oder vorzugsweise ein Meridian betroffen würde, so könnte in den Mittelwerthen diese Abflachung der stärkeren oder Verstärkung der schwächeren Wölbung unmöglich klar zu Tage treten, und es müssten alle auf eine solche Rechnung basirten Schlüsse dem Vorwurf ausgesetzt sein, vielleicht in etwas ganz anderem ihre Erklärung zu finden, als in der vermutheten Ver-

änderung eines gewissen Meridians — nämlich in der ganz ungleichen Menge von Fällen von perversem Astigmatismus, was das Resultat der alten Jahrgänge, wie ja nahe liegt, gegenüber demjenigen der jüngern etwas anders gestalten muss.

Deshalb sehen wir davon ab, die minimale Hornhautrefraction festzustellen und wollen unsere Mittelwerthe auf die Hauptmeridiane beziehen, d. h. wir werden die mittlere Brechkraft der Hornhaut in der Horizontalen zu bestimmen suchen.

Nun wird man erwidern — und mit Recht — dass unsere Angaben, auch wenn wir dieselben beim perversen Astigmatismus durch Addition des Betrages desselben auf den horizontalen Meridian umrechnen, eben doch nicht immer wirklich dem Brechwerth der Hornhaut genau in der Horizontalen entsprechen, da ja bei allen von den Hauptrichtungen abweichenden Achsen die vorliegenden Zahlen sich eben auf diese schiefen Achsen beziehen.

Dagegen ist zu erwidern — und wir werden später im Capitel über die Hauptachsen den Beweis dafür erbringen — dass die meisten Augen ihre Hauptmeridiane wagrecht und senkrecht haben, und von der geringen Zahl der schiefen Achsen der weitaus grösste Theil in die Nähe dieser gewöhnlichen Hauptmeridiane fallen, und dass Abweichungen von mehr als 15° sehr selten sind. Wenn wir bedenken, dass innerhalb dieser Grenze ein nennenswerther Fehler überhaupt nur bei hochgradig asymmetrischen Hornhäuten auftritt, diese aber, zugleich combinirt mit schiefen Achsen doch immerhin selten sind, so wird das Gesammtresultat durch diese kleine Ungenauigkeit nur in durchaus bedeutungsloser Weise beeinflusst.

Es soll also grundsätzlich bei der Behandlung der nun folgenden Fragen die **Brechkraft der Hornhaut in der Horizontalen** massgebend sein. Um die Mittelwerthe im senkrechten Meridian zu erhalten, müsste selbstredend der gewöhnliche Astigmatismus addirt, der perverse subtrahirt werden.

§ 1. Die Hornhautrefraction der Schulkinder.

Wie bei der Behandlung der Frage des durchschnittlichen Astigmatismus sollen auch hier die Ergebnisse der Untersuchung der Schulkinder die Grundlage bilden. Die Durchschnitte, die sich hier ergaben — speciell aus den 1916 Augen der Sekundarschüler — sollen uns als Ausgangspunkt für die Beurtheilung der im früheren und späteren Alter gefundenen dienen.

Wie aus der grossen Uebereinstimmung der Curven für die Knaben der Primarschule (8—16 Jahre) und Secundarschule (10—16 Jahre) hervorgeht, sind die Zahlen von Gruppe I und II durchaus gross genug, um richtige Durchschnitte zu ergeben.

Wir haben uns deshalb erlaubt, von der Mitbenutzung der Primarschulen (im selben Alter wie die Sekundarschulen) zu abstrahiren. Es blieb uns dadurch viel Arbeit erspart, denn die hierbei nöthigen Rechnungen mit vielen Hunderten von Augen sind sehr umständlich, und dann war eine von der Primarschule unabhängige Behandlung von Material I und II schon darum angezeigt, weil dieses allein auch der subjectiven Prüfung unterworfen wurde und sich gewisse Fragen, z. B. der Zusammenhang von Hornhautkrümmung und Totalrefraction des Auges, nur an den Sekundarschüleraugen studiren liessen.

Es sind für alle Curven sieben Gruppen von Hornhäuten angenommen worden. Sie umfassen:

1. Gruppe: Die Hornhäute bis und mit 40,0 D Brechkraft. Die hierher gehörigen Fälle sind durchweg als Ausnahmen zu bezeichnen. Immerhin kommen sie unter gewissen Verhältnissen regelmässig häufiger vor als unter andern.

2.—6. Gruppe: Die Hornhäute von 40,25—41,0 D; 41,25—42,0 . . . . . . und 44,25—45,0 D.

7. Gruppe: Die Hornhäute mit mehr als 45,0 D Brechwerth. Auch diese gehören zu den Ausnahmen, wie die unter 1. genannten, wenn sie auch etwas häufiger sind und vertheilen sich daher launenhaft, so dass etwas höhere oder geringere Procentsätze gewöhnlich nicht viel zu bedeuten haben. Immerhin ist die relative Häufigkeit dieser Fälle nach Alter und Geschlecht an gewisse Gesetze gebunden.

Aus I und II ergiebt sich ein Durchschnitt von **43,03** D und es vertheilen sich die 1916 Augen wie Tabelle 1 und Fig. 8 (ausgezogene Linie) darthun.

Tabelle 1. Hornhautrefraction der Secundarschüler (I und II; 1916 Augen).

Hornhaut-refraction bis	Knaben		Mädchen		Total	
	Augen	%	Augen	%	Augen	%
40 D	21	**2,4**	10	1,0	31	1,6
41,0 D	60	**6,8**	45	4,4	105	5,5
42,0 D	180	**20,4**	159	15,3	339	17,7
43,0 D	279	**31,6**	296	28,6	575	30,0
44,0 D	194	22.0	313	**30,3**	507	26,5
45,0 D	120	13,6	154	**14,9**	274	14.3
>45,0 D	28	3,2	57	**5,5**	85	4,4

Es ist daraus in erster Linie ersichtlich ein gleichmässiges Ansteigen und Abfallen der Häufigkeit mit einer ausgesprochenen Culmination für die mittleren Fälle. Wie es bei der Besprechung des durchschnittlichen Hornhautastigmatismus geschah, soll auch hier ganz speciell auf diesen Umstand hingewiesen sein. Auch hier stellt der Durchschnitt von 43,03 D wirklich die »mittlere Hornhautkrümmung« dar, auch hier ist diese Zahl also nicht nur ein arithmetischer, sondern ein physiologischer Mittelwerth. Von den 7 Gruppen auf der Curve entfallen volle 56,5 % aller Hornhäute auf die zwei dem Mittel nächstliegenden, und

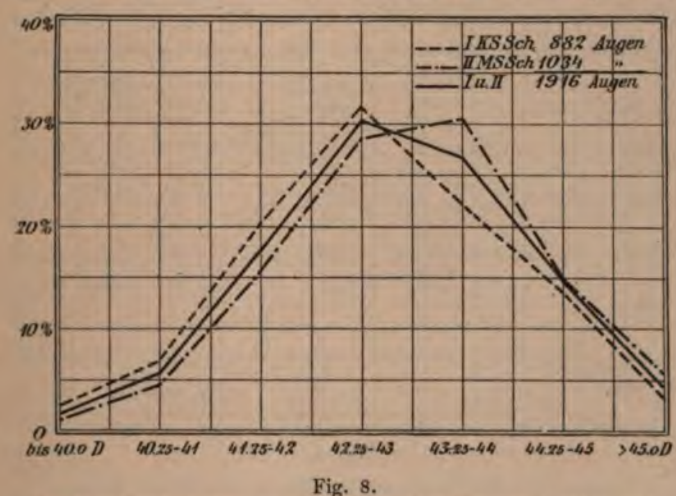


Fig. 8.
Die Hornhautrefraction im wagrechten Meridian von Knaben und Mädchen im jugendlichen Alter.

dabei vertheilt sich der Rest ziemlich gleichmässig nach oben und unten.

Was nun ferner — hauptsächlich aus Fig. 8 — recht deutlich in die Augen fällt, das ist eine Ungleichheit der beiden Geschlechter, eine Ungleichheit von so ausgesprochenem Charakter, dass ein Zufall von vornherein ausgeschlossen werden darf: alle links von dem allgemeinen Culminationspunkt liegenden Mittel der Knaben sind höher als diejenigen der Mädchen; alle rechts davon liegenden sind umgekehrt bei den Mädchen höher, zudem entspricht der höchste Punkt der Curve der Knaben noch ausgesprochener der Gruppe 42—43, als derjenige der gemeinsamen Curve, während andererseits die

höchste Erhebung bei den Mädchen um eine Gruppe weiter hinaufgerückt ist. Es scheinen also ganz allgemein die Hornhäute der weiblichen Individuen eine etwas stärkere Wölbung zu besitzen, als diejenige der männlichen. Das muss sich selbstredend am deutlichsten in den Durchschnittswerthen zeigen, und in der That differiren diese um $^1/_4$ D (42,89 gegen 43,15).

Da nach früheren Angaben auch der Astigmatismus beim weiblichen Geschlecht ausgeprägter ist (um ca. 0,15 D), so summiren sich diese beiden Differenzen für den verticalen Meridian, so dass dieser bei den Mädchen durchschnittlich um 0,4 D mehr Brechwerth hat, als bei den Knaben. Man wird später sehen,

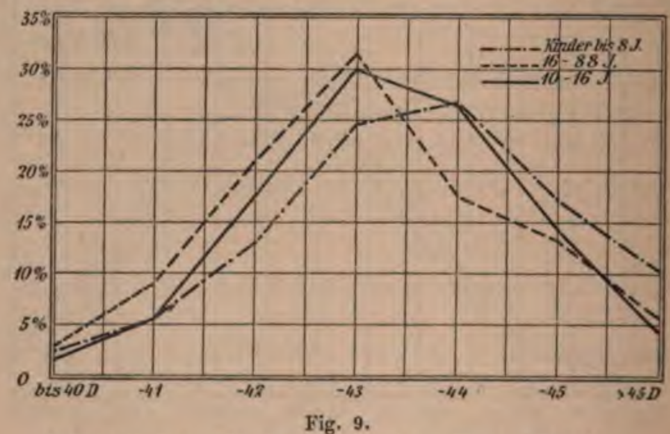


Fig. 9.
Vergleichung der Hornhautrefraction im wagrechten Meridian in den verschiedenen Lebensabschnitten.

dass die Hornhautrefraction in einem innigen Verhältniss steht zur Gesichtsbreite — ausgedrückt durch die Pupillendistanz. Wenn nach jenen Mittheilungen die gewölbten Hornhäute auf die schmalen Gesichter, beziehungsweise schmalen Orbitae entfallen, so liegt die Analogie nahe, für diesen Umstand bei dem weiblichen Geschlecht niedrigere Augenhöhlen verantwortlich zu machen. Ich denke nicht, dass die Anthropologie damit im Widerspruch steht. (Vergl. Abschnitt II. Aetiologie d. Astigm.)

§ 2. Die Hornhautrefraction bei kleinen Kindern und bei Erwachsenen.

Wie verhält sich nun im Vergleich zu diesen jugendlichen Werthen die mittlere Brechkraft der Hornhaut in der frühesten Jugend und wie beim Erwachsenen?

Tabelle 2 und Fig. 9 enthalten die nöthigen Angaben. Die drei Curven in Fig. 9 entsprechen den genannten Altersgruppen. Wie man sieht, gehen sie sehr aus einander. Gelegentlich dürfte der Zufall nicht ganz ausgeschlossen sein, denn es sind die verwendeten Augen recht ungleich an Zahl : 500 — 600 — 1916. Indessen sind das immerhin schon so beträchtliche Mengen, dass wir keine groben Täuschungen zu fürchten brauchen.

Tabelle 2. Vertheilung der Hornhäute der drei Altersgruppen nach Graden der Brechkraft.

Hornhaut-refraction in % bis	Männlich			Weiblich			Total		
	bis zu 8 J.	10—16	16—88	bis 8	10—16	16—88	bis 8	10—16	16—88
40	3,2	2,4	4,3	1,6	1,0	1,4	2,4	1,6	2,5
41	5,6	6,8	12,9	5,2	4,4	6,5	5,4	5,5	9,0
42	16,5	20,4	22,8	9,5	15,9	19,8	13,0	17,7	21,0
43	31,5	31,6	32,8	18,3	28,6	30,4	24,8	30,0	31,3
44	26,6	22,0	15,1	27,0	30,3	19,0	26,8	26.5	17,5
45	13,3	13,6	10,4	21,0	14,9	15,7	17,2	14,3	13,3
> 45	3,2	3,2	1,3	17,4	5,5	7,6	10,2	4,4	5,3

Mit zunehmendem Alter macht sich ganz entschieden die Tendenz zur Abflachung geltend. Dem Grund dieser Erscheinung wird später nachgeforscht werden. Hier handelt es sich nur um die unmittelbaren Ergebnisse unserer Untersuchungen und Berechnungen.

Wir können die Extreme der Curve nicht ganz vernachlässigen, trotz der oben gemachten Einschränkungen ihrer Zuverlässigkeit, denn der Unterschied der kleinen Kinder gegenüber den grösseren und den Erwachsenen 10,2% : 4,4 : 5,3 ist zu auffallend. Immerhin soll das Hauptgewicht auf die mittleren Werte gelegt werden, und da sieht man auf das Deutlichste, dass die Curve der ältesten stark nach unten, die der jüngsten stark nach oben tendirt, und diejenige der Secundar-Schule so ziemlich die Mitte hält.

Es sei noch speciell betont, dass diese Differenzen durchaus auf Rechnung des Alters zu setzen sind, und dass nicht etwa das Geschlecht die Resultate bedingt. Im Gegentheil hat gerade in der Gruppe der Erwachsenen das weibliche Geschlecht ziemlich stark das Uebergewicht, und es sind daher die hohen Durchschnittszahlen für flache Hornhäute doppelt bemerkenswerth.

Denn dass auch bei den Angehörigen von Material V in ganz gleicher Weise, wie es oben für I und II constatirt wurde, die weiblichen Individuen die stärker gewölbten Hornhäute haben, werden wir gleich nachweisen.

Viel prägnanter noch als bei der Vertheilung aller Fälle auf 7 Gruppen fallen die Differenzen der verschiedenen Altersstufen auf, wenn wir nur flache, mittlere und starkgewölbte Hornhäute unterscheiden.

Tabelle 3. Vertheilung der Hornhäute der 3 Altersgruppen in flache, mittlere und stark gewölbte.

Hornhaut-refraction	—8 J. %	10—16 J. %	16—88 J. %
bis 42 D	20,8	**24,8**	**32,5**
bis 44 D	51,6	**56,2**	48,8
>44 D	27,6	18,7	18,6

Die Zunahmen sind durch den Druck hervorgehoben.

Es geht aus diesen Betrachtungen folgendes hervor:

1. Es nimmt bis zum späteren Kindesalter die Häufigkeit der sehr stark brechenden Hornhäute bedeutend ab.

   27,6 % : 18,7 %, also circa 9 %.

   Der Verlust der obersten Gruppe zeigt sich aber nur zum Theil als Zunahme in der mittleren, der ja diese Fälle in erster Linie zufallen müssen, weil sie selbst an die Gruppe flachster Hornhäute einen Theil (4 %) abgiebt.

2. Der Vergleich der älteren Kinder und der Erwachsenen zeigt ein etwas anderes Bild; allerdings kommt auch hier eine Verschiebung vor, allein sie berührt die stark gewölbten Hornhäute kaum, sondern macht sich fast ausschliesslich in einem Uebergang von mittleren zu flachen Hornhäuten geltend. Wenn man sich an die Variabilität des Astigmatismus erinnert, so kann einem eine entschiedene Aehnlichkeit kaum entgehen. Auch hier sind eine gewisse Anzahl von Augen einem fortschreitenden Prozess unterworfen, andere nicht oder weniger, und es scheint, mehr wagen wir nicht zu sagen, die Auslese der zu dieser Veränderung bestimmten Hornhäute mit einem gewissen Zeitpunkte beinahe vollendet zu sein, während die einmal in Veränderung begriffenen in dem Process noch weiter gehen.

Die Variabilität der Hornhautkrümmung im jugendlichen Alter ist selbstredend eine Wachsthumserscheinung — je grösser das Auge wird, desto grösser der Radius der Kugel, natürlich. Dass auch die Hornhaut an diesem Wachsthum theilnimmt, ist klar. Ja, was uns bei alledem auffällt, ist überhaupt nicht das Bestehen des Wachsthums, sondern im Gegentheil der ausserordentlich geringe Grad desselben. Ob die übrige Gestaltung des Auges — abgesehen von der Hornhaut, sich mehr ändert, geht aus diesen Messungen noch nicht direct hervor. Indessen kann man — ganz abgesehen von den in der Literatur zu findenden Messungen — durch die Betrachtung allein der dioptrischen Verhältnisse zu dem Schlusse kommen, dass andere optische Constanten — und es wird ja wahrscheinlich in erster Linie die Längsachse verantwortlich zu machen sein — sich mehr ändern, als die Hornhaut, denn wenn wir die Gesammtrefraction des Auges von der frühesten Jugend bis ins Alter der ältesten Schüler vergleichen, so begegnen wir einer erheblichen Zunahme, die nicht nur die geringe Abnahme der Hornhautbrechkraft vollauf compensirt, sondern mittlere Grade von Hypermetropie in Emmetropie oder gar Wachsthumsmyopie überführen kann (vergl. Abschnitt II).

Priestley Smith (18) behauptet, dass der Hornhautdurchmesser nach dem 10. Jahre nicht mehr wachse, dass das Auge also mehrere Jahre vor dem übrigen Körper zum Abschluss der Entwicklung gelange.

§ 3. Weiteres über die Differenzen der Hornhautrefraction bei den beiden Geschlechtern.

Die Curven auf Fig. 8, die Durchschnitte der verschiedenen Gruppen der Hornhautrefraction beider Geschlechter darstellend, sollen nun mit ähnlichen für kleine Kinder und für Erwachsene verglichen werden. Tabelle 2 gab schon die nöthigen Zahlen. Es ergiebt sich zur Evidenz, dass dem weiblichen Geschlecht wirklich eine stärkere Hornhautkrümmung zukommt. Man betrachte nur die Fig. 10 und 11 (s. S. 41). Die letztere stimmt so ausserordentlich mit der Fig. 8 überein, dass wir nur wiederholen können, was wir oben sagten: unter dem allgemeinen Mittel, beziehungsweise links vom Culminationspunkt haben die männlichen, darüber die weiblichen Individuen den Vorrang. Nur in einem, wie mir scheint, nicht ganz unwesentlichen Punkte differiren die beiden Gruppen von Curven, nämlich darin, dass,

während bei den Erwachsenen beide Geschlechter und folglich auch alle Individuen zusammen die grösste Zahl von Hornhäuten mit 42,25—43,0 D haben, die Curve der Mädchen eine Gruppe weiter oben, bei 43,25—44,0 culminirt.

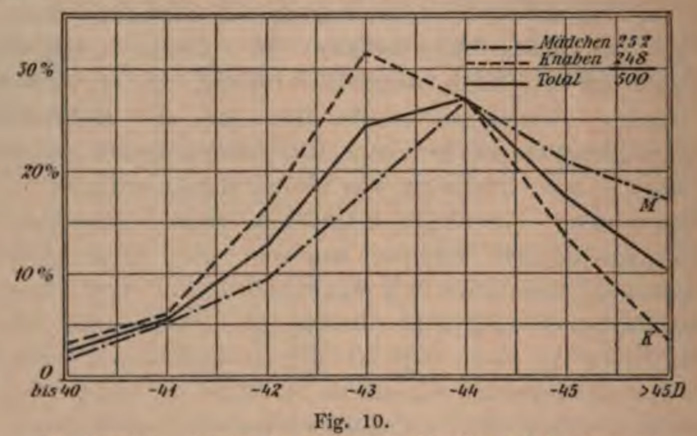


Fig. 10.
Die Hornhautrefraction im wagrechten Meridian bei Knaben und Mädchen von 1—8 Jahren.

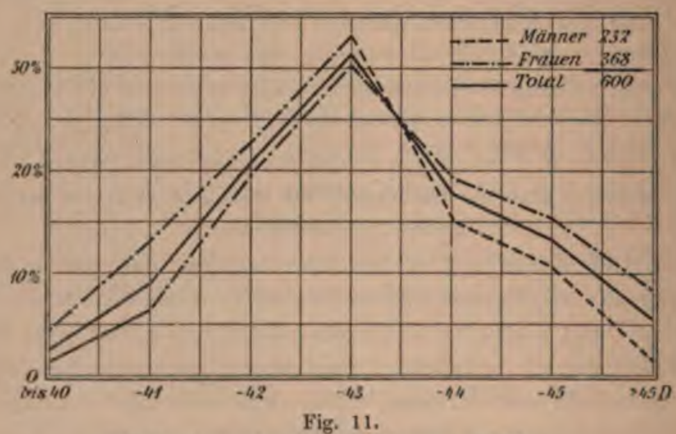


Fig. 11.
Die Hornhautrefraction bei Männern und Frauen.

Fig. 11 scheint mir die Differenzen wiederzugeben, wie sie, unabhängig vom Wachsthum, den Geschlechtern eigen sind, und die Formel dafür ist äussert einfach. Die männliche Hornhaut ist im allgemeinen flacher als die weibliche. Gewiss finden wir das Gleiche ja auch bei den Kindern, aber, wie mir scheint, nicht so rein, vielleicht vermischt mit anderen Factoren.

Nehmen wir also noch einmal Fig. 8 vor. Das Hervorragendste ist, wie gesagt, der nach oben gerückte Culminationspunkt für Mädchenaugen. Damit sollen jetzt die Curven für die kleinen Kinder verglichen werden. Und da sehen wir denn sofort, dass auch hier für's erste ganz durchweg die Knaben mehr flache, die Mädchen mehr stark gewölbte Corneae haben, dass dann weiter die grösste Gruppe von Hornhäuten bei Knaben diejenige von 42,25—43,0 ist, bei Mädchen aber von 43,25—44,0 — also ganz wie oben. Aber in zwei anderen Punkten gehen die Curven aus einander. Erstens erreicht die Curve für sämmtliche Kinder bis zum 8. Jahre, wie diejenige der weiblichen, den höchsten Punkt bei 43,25—44,0 D, und dann sind die Differenzen der beiden Geschlechter viel ausgesprochener.

Wir wollen auf einige Punkte speciell aufmerksam machen. Für die ganz flachen Hornhäute liegen die Verhältnisse bei kleineren und grösseren Kindern ungefähr gleich. Es gehören zu dieser untersten Gruppe eben Corneae, die zum vornherein ungewöhnlich flach sind, und diese nehmen so lange eine Ausnahmestellung ein, bis normal gekrümmte durch Abflachung sich ihnen nähern (siehe die Curven für Erwachsene in Fig. 11). Während nun aber bei Gruppe 42,25—43,0 der Sekundarschüler sich die Mädchen und Knaben soweit nähern, als es überhaupt die bleibende Differenz der Hornhautkrümmung gestattet, weichen die Procentsätze bei den kleinen Kindern ganz wesentlich von einander ab: 31,5 : 18,3 %. Die Curve der kleinen Knaben hat sich also derjenigen der grössern schon wesentlich genähert, während der gleiche Process bei den Mädchen, wie er ja nachher thatsächlich auch eintritt, noch im Rückstande ist. Noch viel auffälliger zeigt dies die ganz ungewöhnliche Menge von sehr stark gewölbten Hornhäuten der kleinen Mädchen: 17,4%.

Nach allem muss auch die durchschnittliche Differenz der Hornhautrefraction bei den kleinen Kindern am grössten sein, was die folgenden Zahlen bestätigen:

Durchschnittliche Hornhautrefraction bis zum 8. Lebensjahre

Knaben	42,88 D
Mädchen	43,64 D
Differenz	0,76 D.

Es besteht also durchgehends eine Differenz in der Hornhautkrümmung der beiden Geschlechter, die in der frühesten Jugend

am ausgeprägtesten erscheint, weil sie sich hier complicirt mit einer zweiten Verschiedenheit zwischen männlichen und weiblichen Individuen, die darin besteht, dass in der allgemeinen, aber hauptsächlich in den ersten Lebensjahren ausgesprochenen Tendenz der Abflachung der Hornhaut, die Knaben den Mädchen vorauseilen.

Die Differenz zwischen beiden Geschlechtern geht auch schon aus früheren Untersuchungen hervor, so z. B. zeigt sie sich in den Angaben von Donders (5. p. 77), so klein schliesslich auch die Zahl der gemessenen Augen ist, als eine constante Erscheinung. Ja, sie scheint mir eher übertrieben worden zu sein. So bemerkt v. Reuss (19) bei der Besprechung seiner Untersuchungen: „vom 14. Lebensjahre angefangen, habe ich nur männliche Individuen benutzt, da die Differenzen zwischen der Grösse der Radien bei beiden Geschlechtern zu sehr hervortreten". So gross ist nun aber doch der Unterschied in der Regel nicht.

Javal (20) sagt, dass die Differenz unbedeutend sei, und das ist ja vom practischen Standpunkt aus gewiss richtig, während andererseits die thatsächlich bestehende Ungleichheit für das Verständniss des Zusammenhanges von Hornhautkrümmung und Schädelbildung von grossem Interesse ist (s. II. Abtheilung). Nun macht aber Javal den Rückschluss, dass die gleiche Grösse der Augen bei weiblichen Individuen, die ja im allgemeinen kleiner seien als männliche, die Augen dieser weiblichen Individuen grösser erscheinen lasse, wenn sie Männerkleider tragen.

Dagegen ist zu bemerken:

1. dass eine stärkere Wölbung nicht ohne weiteres und in jedem Falle einer kleinern Hornhaut angehören muss, dass bei gleicher Refraction die Grösse der Hornhaut sehr verschieden sein kann, und dass daher, auch ohne eine wesentliche Differenz in der Brechkraft, die Frauen immer noch die kleineren Hornhäute haben könnten;
2. dass nach Messungen von Priestley Smith (18) die weibliche Hornhaut thatsächlich um etwa $^1/_{10}$ schmäler ist als die männliche, während nach Sappey der Mann nur um $^1/_{16}$ grösser ist als die Frau.

§ 4. Weiteres über Variabilität der Hornhautkrümmung.

Es ist wiederholt betont worden, dass die Variabilität der Hornhautkrümmung gerade in den ersten Lebensjahren am auffälligsten sei. Leider ist aber aus leicht verständlichen Gründen unser Material um so lückenhafter, je wünschbarer eine grosse Zahl von Messungen wäre und das erste Lebensjahr, das gewiss interessante Aufschlüsse über das Wachsthum des Auges geben könnte, ist gar nicht vertreten. Ich halte es aber für durchaus

möglich, mit Aufbietung von viel Zeit und Geduld bei grosser Gewandtheit und Erfahrung im Ophthalmometriren aus einer grossen Zahl von Kindern, bis zum Neugeborenen herab, doch eine genügende Menge zuverlässiger Messungen zu erhalten.

Wenn nun auch unsere Untersuchungen erst mit Beginn des 2. Lebensjahres einsetzen und bis zum zurückgelegten 3. Jahre nur 50 Individuen zur Verfügung stehen, so lassen sich doch bei der Betrachtung derselben einige interessante Details erkennen.

So zeigt es sich, dass diese 100 Augen eine durchschnittliche Hornhautrefraction von 43,56 D haben, gegenüber 43,17 D vom 4.—8. Jahre, und zwar 42,98 bei Knaben und 44,16 bei Mädchen. Die Differenz ist noch erheblicher, als bei kleinen Kindern überhaupt, nämlich **1,18** D. Es tritt also die auffallend grosse Hornhautrefraction kleiner Mädchen noch mehr hervor. Ja, wenn wir nur die ganz jüngsten Fälle berücksichtigen, so kommen wir zu einem noch höheren Durchschnitt. Wir können uns nicht versagen, die 4 Mädchen vom 13.—18. Monat einzeln aufzuführen:

	od	os	
No. 1	46,25 D	46,25 D	Durchschnitt **45,69** D.
No. 2	45,0	45,0	
No. 3	45,75	45,75	
No. 4	45,75	45,75	

Um so auffälliger ist dagegen die Hornhautrefraction des im Alter nächstfolgenden Mädchens No. 5, das mit 41,75 D plötzlich den Sprung zu den Raritäten der entgegengesetzten Seite macht. Doch — exceptio confirmat regulam — wir werden später sehen, was für eine Bewandtniss es mit diesem Falle (Bertha Wenger) hat.

Eine Zusammenstellung der bisherigen Resultate, ausgedrückt in Fig. 12 (s. S. 50), zeigt noch einmal im Zusammenhang, dass die Hornhautrefraction der männlichen Individuen allgemein derjenigen der weiblichen nachsteht, und dass dieselbe bei beiden Geschlechtern zuerst rasch, nachher allmählig abnimmt. Der auffallend tiefe Stand der männlichen Curve bei 16—30 Jahren ist wohl einer zufälligen Anhäufung von sehr flachen Hornhäuten zuzuschreiben.

Im höheren Alter scheint die Brechkraft der Cornea wieder zuzunehmen. Wir werden davon im Capitel über die Aetiologie des Astigmatismus, speciell des perversen, noch zu sprechen haben. (II. Theil.)

§ 5. Die Abflachung der Hornhaut im Lichte der Doppeluntersuchungen.

Es erübrigt uns noch, die Abflachungsfrage auf Grund unserer Doppeluntersuchungen zu prüfen. (Material II bis.)

Was anlässlich der Verwendung des gleichen Materials im Capitel über den Astigmatismus gesagt wurde, das gilt auch hier: es ist ein recht ungünstiges Alter, in das diese Nachuntersuchungen fallen. Ein Resultat musste indessen doch herauskommen, sollte es nun positiv oder negativ, im Sinne einer Abflachung sein oder nicht. Und dann gab diese Nachuntersuchung der zuerst geprüften Kinder einen durchaus unparteiischen Maassstab ab von der Genauigkeit der früheren Untersuchungen. Hielten

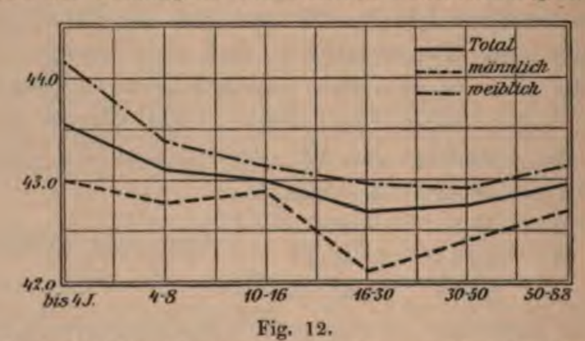


Fig. 12.
Durchschnittliche Hornhautrefraction im wagrechten Meridian in den verschiedenen Altersstufen.

diese der Kritik stand, so waren auch alle späteren zuverlässig, denn nicht nur wurde immer, auch später, die gleiche Sorgfalt verwendet, sondern es kam uns ja nach und nach die immer wachsende Erfahrung und Uebung zu statten.

Kurz vor Beginn dieser zweiten Messungen stellte sich in der Poliklinik ein Kind aus der Sekundarschule zur Untersuchung. Es differirte der damals gemessene Hornhautastigmatismus von dem früheren um ca. 1,0 D. Das machte mich stutzig — obwohl ja der Fall pathologisch war — und schien mir von übler Vorbedeutung zu sein, und ich gestehe, dass ich dem Resultate der Controluntersuchung etwas bang entgegen sah. Um mich in keiner Weise auch gegen meinen Willen — in dieser autosuggestiven Zeit — durch die früheren Ergebnisse beeinflussen zu lassen, notirte ich mir nur die Namen der wieder zu Untersuchenden. Die Auswahl geschah nach Gesichtspunkten, die auf die Resultate durchaus

keinen Einfluss haben konnten: ich entschied mich für 150 Individuen der oberen (bei der I. Untersuchung mittleren) Jahrgänge und nahm, um Umständlichkeiten für die Lehrerschaft und mich selbst nicht unnöthig gross zu machen, die Kinder aus möglichst wenig Klassen. Zu Hause wurde dann aus den alten Zählkärtchen die früheren Werthe eingetragen.

Bevor die Untersuchungen begonnen wurden, überlegten wir uns, wie gross der zulässige Fehler sein dürfte und da schien uns die Art und Weise, wie die Hornhautrefraction notirt wurde, den Ausschlag zu geben.

Man hat sich früher bei den Angaben über Hornhautkrümmungen in ausserordentlich genauen Zahlen gefallen und unter drei bis vier Decimalen von Millimetern Krümmungsradius ging es nicht ab. Soweit kann man mit dem Javal'schen Ophthalmometer überhaupt nicht gehen. Es ist für unsere Absichten aber auch durchaus zwecklos und es konnte sich nur fragen, ob auf zehntels oder viertels Dioptrien abgestellt werden sollte. Nach einer Probe mit der ersten Art, entschieden wir uns bald definitiv für letztere und zwar aus folgenden Gründen:

1. Es kann bei einer so gewaltigen Differenz der einzelnen Augen (38—48 D) bei grossem Material aus so geringen Unterschieden gar nichts erhofft werden, was irgendwie von Interesse oder Wichtigkeit sein könnte.
2. Es hätte bei den spätern Verrechnungen doch wieder eine Reihe von Gruppen zusammengezogen werden müssen, denn man konnte doch nicht ca. 100 Gruppen aufstellen für beispielsweise 200 Augen.
3. Man kann in vielen Fällen leicht um 0,1 D sich irren, seltener aber, wenn überhaupt, um 0,25 D.
4. Da ja auch der Hornhautastigmatismus nach Viertel-Dioptrien notirt wurde, so waren Vergleiche und Umrechnungen einfacher.

Nun aber kam man wiederholt in die Lage, sich bei einer Mittelstellung, z. B. 41,126 D für das obere oder untere Viertel zu entscheiden, d. h. 41 oder 41,25 zu notiren, und da mag es denn wohl vorgekommen sein, dass man sich gelegentlich falsch entschied. Was lag aber daran? Das waren ja eben mittlere Fälle, die keinen grossen Fehler verursachten, mochte man dies oder

das schreiben. Und dann mussten sich ja bei der grossen Menge von Augen solche Abweichungen durchaus gegenseitig aufheben, da man ja sehr wahrscheinlich sich ebenso häufig nach oben wie nach unten vergriff.

Das konnte also die Resultate nicht in nennenswerther Weise trüben, war aber andererseits zur Berechnung des möglichen Fehlers wesentlich. Die grösste Differenz zwischen Wirklichkeit und Ablesung musste dann zu Stande kommen, wenn eine Krümmung neben der ganzen Zahl von Dioptrien etwas mehr oder weniger als 1, 3, 5 oder $^7/_8$ zeigte und man sich für das entferntere Viertel entschied. Gross kann die Abweichung vom Achtel nicht sein, sonst fällt sie sofort auf und man entscheidet sich für das richtige Viertel. Wir wollen als äusserste Grenze z. B. annehmen, dass für 41,127 41,0 statt 41,25 notirt worden sei. Dann wäre also der Fehler 0,127 D. Nun kommt aber bei den Doppeluntersuchungen dazu, dass sich im ungünstigsten Fall zwei solche Fehler addiren können. Es soll das genannte Auge sich eine Spur abgeflacht haben und nun thatsächlich 41,123 D Hornhautastigmatismus zeigen, und soll sich der Untersucher fälschlicherweise für das entferntere Viertel entschieden haben und also 41,25 statt 41,0 ablesen; dann hat er sich zwar nur um 0,127 D geirrt, die neue Ablesung aber differirt von der alten um $^1/_4$ D und wenn, ohne jede Veränderung, die Refraction von 41,127 das zweite Mal richtig als 41,25 notirt wurde, so war die Differenz beider Ablesungen ebenfalls $^1/_4$ D.

So argumentirten wir lange, bevor wir an eine Controluntersuchung dachten. Wir haben keine Ursache, diese Ansicht zu ändern und sagen also zum vornherein, dass Abweichungen um $^1/_4$ D nicht als Aenderungen der Hornhautkrümmung gedeutet werden dürfen, mit einer Einschränkung immerhin. Wenn man in zweifelhaften Fällen sich falsch entscheidet oder in einer genauen Mittelstellung es ganz dem Zufall überlässt, ob man nach oben oder nach unten abrunde, so müssen bei einigermassen grossen Zahlen die Fehler sich auch gleichmässig nach oben und unten vertheilen. Trifft dies nicht zu, so hat man sich darüber womöglich Rechenschaft zu geben.

Sehen wir nun zu, was uns das Material II bis zeigt.

Tabelle 4. Vergleichung der Resultate der Doppeluntersuchungen.

Die erste Ablesung ist als Ausgangspunkt angenommen worden, die Differenz der zweiten Ablesung mit — (flacher), 0 (gleich) oder + (gewölbter) bezeichnet.

	Fälle	%	
— 0,75 D	5 =	1,7	10,4%
— 0,5 D	26 =	8,7	
— 0,25 D	74 =	24,7	88,7%
0 D	114 =	38,0	
+ 0,25 D	78 =	26,0	
+ 0,5 D	3 =	1,0	1,0%
+ 0,75 D	— =	—	

38% der Resultate sind also ganz genau übereinstimmend, weitere 50,7% liegen innerhalb der erlaubten, weil nicht zu vermeidenden Fehlergrenze und nur 11,4% weichen mehr von der ersten Untersuchung ab. Die Abweichungen um $^1/_4$ D nach der einen und der anderen Seite sind annähernd gleich. Für die stärker abweichenden 11,4% hingegen fällt die gewaltige Differenz auf, 10,4% gegenüber 1,0%. Es kann natürlich nicht ohne weiteres behauptet werden, dass eine Hornhaut im Verlaufe der Zeit nicht auch gewölbter werden könnte. Unter pathologischen Verhältnissen scheint das sicher vorzukommen, auch kann experimentell die Wölbung verstärkt werden (Eserin!). Ob aber im gesunden Auge ähnliches vorgehen kann, wissen wir nicht. Nehmen wir einmal an, es komme nicht vor, und jene drei Fälle von + 0,5 D Differenz seien grobe Beobachtungsfehler. Dann müssen wir, um gerecht zu sein, auch die Möglichkeit eines ebenso häufigen Irrthums nach der —Seite zugeben. Dann bleiben aber immer noch 9,4%, und diese scheinen mir nun wirklich die fortschreitende Abflachung wenigstens eines Theils der Hornhäute zu beweisen, einen Process, der ja oben auf andere Weise durchaus sicher gestellt wurde.

Als die Variabilität des Hornhautastigmatismus besprochen und das gleiche Material II bis zur Beleuchtung der Frage benutzt wurde, da verwiesen wir wegen allfälliger Beeinflussung des Resultates durch Beobachtungsfehler auf dieses Capitel. Es soll deshalb untersucht werden, wie die einzelnen Augen bezüglich des Hornhautastigmatismus bei den zwei Untersuchungen sich ver-

hielten. Wenn für die mehr wissenschaftlichen Zwecken dienenden Messungen der Hornhautrefraction vielleicht manchem eine grössere Genauigkeit wünschenswerth erschien, so hat eine solche bei der der Praxis dienenden Bestimmung des Astigmatismus durchaus keinen Zweck. Wir verschreiben ja ohnehin keine Gläser unter ein Viertel und alle Zwischenstufen in viertel und halben Dioptrien.

Dagegen erwarten wir mit Recht, dass keine groben Fehler unterlaufen. Kleine Differenzen bis 0,25 D müssen ja wohl vorkommen aus den oben angeführten Gründen, denn auch hier muss man sich in Mittelstellungen für die obern oder untern Viertel entscheiden. Es mag aber für nicht sehr Geübte ein Umstand gelegentlich die Quelle von Fehlern abgeben, die 0,25 D übersteigen. Es ist nämlich für den Anfänger entschieden schwieriger, den Astigmatismus richtig abzulesen, als die Einstellung im Meridian schwächster Krümmung zu besorgen. Das habe ich durch die Theilnehmer an meinen Cursen immer erfahren. Andererseits kann bei der nöthigen Uebung die Messung des Astigmatismus auch wieder genauer ausfallen. Sie besteht ja in der Vergleichung zweier fast gleichzeitiger Ablesungen unter durchaus gleichen Bedingungen für die eigene Person sowohl, als den zu Untersuchenden, sowie auch für Beleuchtung und den Apparat selbst, was nicht zu unterschätzen ist, denn eine geringe Verschiebung des Oculars fälscht zwar nicht den Grad des Astigmatismus, wohl aber die Hornhautrefraction. Es scheint alles in allem genommen für den Astigmatismus eher noch ein mit der ersten Untersuchung übereinstimmenderes Resultat erwartet werden zu dürfen, als für die Hornhautrefraction.

Die erhaltenen Zahlen bestätigen diese Ansicht.

Tabelle 5. Die Resultate der Nachuntersuchung des Hornhautastigmatismus.

(Material II bis; 300 Augen.)

Als Ausgangspunkt dient die erste Untersuchung. Die Abnahme des Astigmatismus ist mit —, die Zunahme mit + bezeichnet.

	Augen	%	
— 0,75 D	2	0,7	5,0%
— 0,5 D	13	4,3	

	Augen	%	
— 0,25 D	70	23,3	93,3 %
0 d. h. gleich	154	51,3	
+ 0,25 D	56	18,7	
+ 0,5 D	4	1,3	1,6 %
+ 0,75 D	1	0,3	

51,3 % absolut gleiche und 93,3 % gleiche oder innerhalb der Fehlergrenze liegende Resultate sind gewiss eine unantastbare Legitimation für die Brauchbarkeit eines klinischen Apparates. Aber auch die bleibenden 6,6 % sind durchaus nicht etwa durchweg oder auch nur zu einem grossen Theil fehlerhafte Messungen. Das beweist schon die ungleiche Vertheilung nach oben und unten. Im Gegentheil dürfen wir nach früher auseinandergesetzten Gründen zum vornherein von den — 5,0 % 3,4 als durch eine mit dem fortschreitenden Alter einhergehende Verminderung des Astigmatismus verursacht, ansprechen. Aber auch die noch restirenden 3,2 % (— 1,6 und + 1,6) brauchen noch lange nicht fehlerhafte Messungen zu sein, denn wir haben durch mehrfach wiederholte Messungen in andern Fällen den thatsächlichen Beweis erbracht, dass Zu- und Abnahme des Hornhautastigmatismus von 0,5 D und mehr vorkommen.

Es wäre noch auf die ziemlich bedeutende Differenz von — 0,25 D und + 0,25 D hinzuweisen: 23,3 gegenüber 18,7 % also 4,6 %.

Diese 4,6 % müssen auch als wirklich geringer gradige Fälle von Astigmatismus und nicht als Fehler angesehen werden. Während bei der Abnahme der Hornhautrefraction alles auf die Gruppe 0,5 entfällt, theilen sich hier die veränderten Fälle ziemlich gleichmässig auf 0,25 und 0,5 D. Ist das ein Zufall, oder hat das etwas unsere Frage betreffendes zu bedeuten? Wir glauben das letztere annehmen zu dürfen. Man erinnert sich, dass die Abflachung der Hornhaut mehr eine Eigenschaft der jugendlichen, die Abnahme des Astigmatismus aber des ausgewachsenen Auges ist. Wo also überhaupt der erste Process noch vor sich geht, ist es, dem Alter entsprechend, ziemlich bedeutend, während der zweite erst allmählich beginnt.

§ 6. Das Verhältniss der Brechkraft der beiden Hornhäute desselben Individuums.

Es ist oben die analoge Frage für den Astigmatismus behandelt worden. Hier sollen einige Angaben für die Hornhautrefraction folgen. — Es wiederholen sich durch alle Untersuchungsreihen im Wesentlichen dieselben Erscheinungen. Es sei deshalb nur auf die 958 Schüler und Schülerinnen der Sekundarschule Rücksicht genommen.

Von diesen zeigen ganz gleiche Brechkraft auf beiden Seiten oder nur eine Differenz von $< 0,25$ D (s. Besprechung der Fehlergrenze) 54,6 %, während Differenzen von $\gtreqless 0,25$ D in 45,4 % sich vorfanden.

Von den 435 Individuen (45,4 %) mit einer solchen Differenz entfallen auf Differenzen von:

	0,25	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5 D	Total
	223	168	30	6	5	3	435
in %	51,5	38,6	6,9	1,3	1,1	0,7	
oder in % aller 958 Individuen	23,2	17,5	3,1	0,6	0,5	0,3	

Es geht hieraus schon ganz sicher hervor, dass wesentliche Verschiedenheit der sphärischen Refraction beider Augen eines Anisometropen stets auf die Bulbusachse zurückzuführen ist, (s. Anisometropie im II. Theil), wie schon oft hervorgehoben wurde (Laqueur, Burnett). Berechnen wir aus diesen Zahlen die durchschnittliche Differenz der beiden minimalen Hornhautrefractionen, das heisst derjenigen der flacheren und derjenigen der gewölbteren Hornhäute der einzelnen Individuen, so erhalten wir:

a) bei Berücksichtigung aller 958 Fälle . . . . 0,18 D

b) bei Berücksichtigung nur der differenten 435 Fälle 0,41 D.

Aus § 5 des ersten Capitels geht hervor, dass für das hier benutzte Material (I und II) der Hornhautastigmatismus in 69 % aller Fälle gleich ist, und in 31 % ungleich. Wie nun aus einer Menge anderer Beobachtungen ersichtlich ist, wie eng Hornhautastigmatismus und minimale Hornhautrefraction oder Hornhautrefraction überhaupt zusammenhangen, so lässt sich dieser Zusammenhang auch hier klar nachweisen.

Im Allgemeinen ist also der Astigmatismus in 69 % der Fälle gleich auf beiden Seiten. Wählen wir nun aus den 958 Fällen

die 30 + 14 aus mit einer Differenz von 0,75 D und $\gtreqless$ 1,0 D, so ergeben sich folgende von den allgemeinen Verhältnisszahlen abweichende Resultate:

	gleich	ungl.
1. Hornhautastigmatismus im Allgemeinen	69 %	31 %
2. " " bei Individuen mit einer Differenz der Hornhautrefraction von 0,75 D	44,8 %	55,2 %
3. Hornhautastigmatismus bei Individuen mit einer Differenz der Hornhautrefraction von $\gtreqless$ 1,0 D	14,3 %	85,7 %

Dabei steigt auch die durchschnittliche Differenz des Hornhautastigmatismus ganz bedeutend, wie aus der folgenden Vergleichung hervorgeht:

1. Durchschnittliche Differenz der beiderseitigen Hornhautastigmatismen bei 441 Secundarschülern 0,12 D
2. Durchschnittliche Differenz der beiderseitigen Hornhautastigmatismen bei 30 Secundarschülern mit 0,75 D Differenz der Hornhautrefraction 0,42 D
3. Durchschnittliche Differenz des beiderseitigen Hornhautastigmatismus bei 14 Secundarschülern mit $\gtreqless$ 1,0 D Differenz der Hornhautrefraction **1,44** D.

Aber auch der Astigmatismus überhaupt, nicht nur die Differenz auf beiden Seiten steigt ganz beträchtlich:

1. Hornhautastigmatismus bei 958 Secundarschülern und -Schülerinnen ohne Auswahl . . . . . 0,79 D
2. Hornhautastigmatismus bei 30 Secundarschülern und -Schülerinnen mit Differenz 0,75 in der Hornhautrefraction . . . . 0,94 D
3. Hornhautastigmatismus bei 14 Secundarschülern und Schülerinnen mit Differenz $\gtreqless$ 1,0 in der Hornhautrefraction . . . . **1,79** D

Es ist also in Augen mit ungewöhnlichen Differenzen in der minimalen Hornhautrefraction mit grosser Wahrscheinlichkeit ein pathologischer ein- oder doppelseitiger Astigmatismus zu erwarten. (Vergl. Capitel VI.)

§ 7. Anhang und Historisches.

Nach Coccius (28) fand Kohlrausch für 12 Augen (Alter?) 7,78 m R., was mit zu Grunde gelegtem Index von 1,3375 43,38 D ausmacht.

Bourgeois & Tscherning (10) fanden bei 203 Mann des VII. Kürassierregimentes eine mittlere Hornhautrefraction von 43,1 D, was etwa einer minimalen Hornhautrefraction von 42,8 D entsprechen dürfte, eine Zahl, die für Erwachsene mit den meinigen recht gut übereinstimmt.

Als äusserste Grenze geben die beiden Untersucher 37,8 D und 46,8 D an, also 9,0 D Schwankung.

Offenbar kommen noch flachere und noch stärker gewölbte Hornhäute vor, wie ja aus manchen Angaben hervorgeht, (Mauthner, von Reuss u. s. w.); da indessen solche Fälle meistens pathologisch sind, so wollen wir erst später (II. Theil) darauf zu sprechen kommen.

Auch wir verfügen über einige von der Norm ganz erheblich abweichende Messungen. So trafen wir bei einem 14jährigen Mädchen eine minimale Krümmung von 38,75 D bei 2,75 D Astigmatismus, so dass also sogar der stärker gewölbte Meridian mit 41,5 D bedeutend unter dem Durchschnitt blieb. Der höchste von uns an einem sicher gesunden Auge gemessene Betrag ist **52,75** D auf beiden Augen. Der Visus betrug mit + 0,5 sph. **1,38**. Der Knabe war nicht besonders klein und die Pupillendistanz von 58 mm ebenfalls nicht abnorm. Dieser ganz enormen Brechkraft zunächst kommen erst wieder einige Augen mit 47,5 und 47,75 D.

In den poliklinischen Journalen fand sich von einem früheren Assistenten untersucht ein Fall vor mit je **37,0** D. Leider war es mir unmöglich, den Patienten zur Controle ausfindig zu machen.

Die Annahme einer allmählichen Abflachung der Hornhaut mit zunehmendem Wachsthum ist begreiflicherweise so alt, als das genaue Studium der optischen Constanten überhaupt, wenn schon zahlenmässige Belege erst später folgten und überhaupt bis zur Stunde nicht sehr reichlich vorhanden sind. Es lag ja auf der Hand, der kleineren, einer kleineren Kugel aufsitzenden Hornhaut eine stärkere Brechkraft zu vindiciren. Zwar scheint man sich gelegentlich die Veränderung der Cornealkrümmung während der Entwickelung des Individuums denn doch zu hochgradig vorgestellt zu haben, und noch jetzt dürften über Zeit und Intensität der Veränderungen nicht alle Ansichten auf richtiger Fährte sein.

So ist die Angabe von Schneller (29): „Wir wissen, dass der Hornhautradius bei Kindern klein ist", nur sehr bedingt richtig und für grössere Kinder sicher falsch. Denn wenn auch bezüglich des Alters, in das die Veränderungen fallen und bezüglich des Grades der Abflachung das letzte Wort noch nicht gesprochen sein wird, so scheint doch so viel aus dem bisherigen zweifellos gefolgert zu werden dürfen, dass die bedeutendsten Veränderungen im Allgemeinen in's erste Lebensjahr, wahrscheinlich in die ersten Monate oder gar Wochen fallen.

Es sei hier auch auf die Messungen des Hornhautdurchmessers aufmerksam gemacht, die Horstmann (33) ausführte. Er fand:

Grösse des Hornhautdurchmessers von 8—30 Tagen 8,5—9,5 mm,
" " " " 1—2 Jahren 10—11,5 mm,
" " " " 4—5 " 11—12 mm.

v. Hasner (30) sagt: „Man braucht nur annäherungsweise Messungen von Augen von Neugeborenen anzustellen, um die Ueberzeugung zu gewinnen, dass bei ihnen sowohl Cornealradius als Achsenlänge entschieden kleiner sind und nur allmählich mit dem Wachsthum des Körpers zunehmen." Er giebt dann zwei Messungen von einem Neugeborenen mit 6,06 mm R. und einer 30jährigen Frau mit 7,25 mm. „Diese Radien dürften den mittleren Werthen bei Kindern und Frauen ziemlich entsprechen."

Einzelne Messungen beweisen nun bekanntlich für Durchschnittswerthe nicht viel. So hat v. Hasner sicher eine für eine erwachsene Person sehr starke Krümmung der Hornhaut gefunden, die dem Mittel durchaus nicht entspricht. Auch die Angabe für das Kind ist im gleichen Sinne abweichend von dem, was gewöhnlich gefunden wird. (Leider ist mir nicht bekannt, was für einen Brechungsindex v. Hasner zu Grunde gelegt hat.)

1881 veröffentlichte v. Reuss (19) interessante Untersuchungen über den Einfluss des Lebensalters auf die Hornhautkrümmung. Die Zahl der Untersuchten ist allerdings klein, und wir werden uns daher nach all den seither gemachten Erfahrungen über die Hornhautrefraction nicht wundern, wenn die gefundenen durchschnittlichen Werte mit den meinigen, die auf ungleich grössere Zahlen basirt sind, häufig abweichen. v. Reuss kommt zu folgenden Schlüssen:

1. Bei Kindern in den ersten Lebensmonaten ist die Hornhautwölbung eine viel stärkere, der Krümmungshalbmesser der Hornhaut also ein viel kürzerer als in normalen Augen Erwachsener.
2. Die grösste Aenderung findet jedenfalls im ersten halben Lebensjahre statt.
3. Von da ab wächst der Hornhautradius bis zum 7. Lebensjahre.
4. Vom 7. bis zum zurückgelegten 12. Jahre scheint die Cornea in ihrer Wölbung keine Aenderung zu erfahren.
5. Im 13. und 14. Lebensjahre ist wieder ein entschiedenes Wachsen des Hornhautradius zu constatiren.
6. Zwischen 15 und 20 Jahren erreicht derselbe diejenige Grösse, welche wir bei Erwachsenen unter normalen Verhältnissen finden.

Ferner fügt v. Reuss diesen Schlüssen noch die Bemerkung bei, dass nur in den ersten Lebensmonaten Grössen sich finden, welche unter normalen Verhältnissen bei Erwachsenen nicht vorkommen. Wir können diese Erfahrung insofern bestätigen, als wir vom Beginn des 2. Lebensjahres an nie Hornhautkrümmungen trafen, die ausnahmsweise uns nicht auch bei Ausgewachsenen begegnet wären.

Die v. Reuss'schen Messungen beziehen sich immer auf den wagrechten Meridian.

1883 theilte Laqueur (31) drei Fälle von frühzeitigen Messungen mit, die sich an 3 Neugeborenen mit „leidlicher Genauigkeit“ vornehmen liessen:

1. Fall von 6 Wochen, Hornhautradius 8,0 mm,
2. „ „ 4 „ „ 6,75 mm,
3. „ „ 3 „ „ 8,1 mm.

Wie gesagt, dürfen einzelne Fälle nicht zu hoch angeschlagen werden; so könnten also auch die Beobachtungen 1 und 3 zu ganz anderen Schlüssen führen, als die v. Reuss'schen und meine Messungen. Das wird man aus diesen Ausnahmefällen nicht schliessen wollen. Zudem möchte ich noch bemerken, dass eine starke Hornhautwölbung gegenüber einer flacheren in Fällen, die schwierig und nicht ganz zuverlässig zu untersuchen sind, immer der Wahrheit eher entsprechen wird, da jede nicht genaue (periphere) Einstellung zu schwache Werthe geben muss.

Nordenson (11) fand bei allen seiner Fälle (7—20 Jahre) keine auffälligen Unterschiede in den verschiedenen Altersperioden. Auch Schiötz (12) kommt zu dem Schluss, dass von 6—20 Jahren bei Erhaltung von Emmetropie die Hornhautrefraction kaum eine Veränderung erfährt.

Selbstredend hätten wiederholte Untersuchungen des gleichen Individuums den grössten Werth zur Aufklärung dieser Fragen, und es wird ja in wenigen Jahren zweifollos genügend Material vorliegen, nachdem die Ophthalmometrie die entscheidenden Schritte gethan hat, um Allgemeingut aller Ophthalmologen zu werden.

Inzwischen müssen wir mit recht spärlichem Material vorlieb nehmen.

Sczelkow (32) war in der Lage, drei Personen nach 8 Jahren wieder zu ophthalmometriren und fand in zwei Fällen Abweichungen, die jedenfalls innerhalb der Fehlergrenzen liegen, im dritten Falle aber eine Zunahme des Radius von 0,168 mm, d. h. eine Abnahme der Refraction um ca. 1,0 D. Das Alter des dritten Patienten bei der ersten Messung war 18 Jahre.

Da es sich indessen um eine progressive Myopie handelt, so darf ein bindender Rückschluss auf physiologische Verhältnisse nicht gemacht werden.

Ich fand diese Notiz in der Arbeit von Nordenson. Sie ist begleitet von den Worten: „c'est le contraire de ce qu'on eût présumé.“ Das ist denn doch wohl eine irrige Auffassung und ich begreife deren Begründung thatsächlich nicht.

Die grosse Uebereinstimmung der Hornhautkrümmung beider Seiten ist allen Beobachtern aufgefallen. Wir finden schon 1862 bei Knapp (3) die Bemerkung: „sie hatten ..... Radien, die auf beiden Augen gleich sind, wie das meistens der Fall ist.“ Bei Donders (5. p. 97) lesen wir: „Die Krümmungsverhältnisse der beiden Augen derselben Individuen sind im allgemeinen nahezu gleich.“

Javal (Memoires XXIII) sagt: „le premier fait qui frappe quand on mesure coup sur coup un grand nombre d'yeux — dans une école par

exemple — c'est la remarquable égalité des cornées des deux yeux d'un même individu. Quand on a établi le contact des mires pour un oeil, il est de règle que ce contact se retrouve en observant l'autre oeil du même sujet.“

Nach Nordenson (11) ist bei Emmetropie die Hornhautfraction beiderseits ziemlich ebenso häufig gleich, wie verschieden, dagegen bei Hypermetropie und Myopie häufiger verschieden als gleich. Auch soll die mittlere Differenz bei Myopie grösser sein. Wir werden im II. Theil auf diesen Punkt zurückkommen. Immerhin nimmt auch Nordenson eine wesentliche Abhängigkeit von Hornhautrefraction und sphärischer Refraction nicht an: „Quelque soit l'état de réfraction de chaque oeil, la différence de force réfringente des deux cornées n'atteint pas 0,2 D dans la moitié des cas. Wir fanden eine Differenz von $\geqq$ 0,25 D in 45,4%, Bourgeois und Tschering für $\geqq$ 0,2 D nur 38%.

Ueber zwei Fälle von ganz exorbitanten Differenzen (einmal 7,5 D, das andere mal 8,5 D) werden wir, da die betreffenden Augen nicht mehr als normal bezeichnet werden dürfen, im II. Theil berichten.

III. Capitel.

Verhältniss von Pupillendistanz und Hornhautbrechkraft.

Es wurde gelegentlich einer Abhängigkeit von Pupillendistanz und Hornhautrefraction Erwähnung gethan. Es soll nun diese Frage eingehender studirt werden. Leider war es versäumt worden, bei den ersten Untersuchungen — den Secundarschulmädchen — darauf Rücksicht zu nehmen. In beinahe allen andern Fällen wurde die Pupillendistanz gemessen. Aber auch bei Material II fehlen uns nicht alle Angaben, denn bei Anlass der Nachuntersuchungen (II bis) wurde die Basaldistanz selbstverständlich bei allen 150 Individuen gemessen und zudem bei dieser Gelegenheit, soweit es gelang, die versäumte Messung bei allen jenen Mädchen nachgeholt, die besonders interessante Aufschlüsse oder Bestätigungen — denn die Schlüsse standen damals schon durchaus fest — versprachen. — Tabelle 1 und Fig. 13 (s. S. 62) sollen vorerst ganz unabhängig von allen weiteren Rücksichten ein Bild geben von dem Ansteigen der Pupillendistanz mit zunehmendem Alter und einen Vergleich der beiden Geschlechter.

Tabelle 1. Pupillendistanz nach Alter und Geschlecht.

Alter	Pupillendistanz männl.	Pupillendistanz weibl.	Alter	Pupillendistanz männl.	Pupillendistanz weibl.
bis 4 J.	49,2	47,7	bis 11 J.	56,3	55,8
„ 5 J.	50,5	50,1	„ 12 J.	56,4	56,1
„ 6 J.	51,7	51,4	„ 13 J.	57,7	56,5
„ 7 J.	53,1	52,2	„ 14 J.	58,0	57,9
„ 8 J.	53,9	52,5	„ 15 J.	59,2	58,0
„ 9 J.	54,8	53,6	16—30 J.	61,2	59,5
„ 10 J.	55,5	55,2	30—88 J.	63,3	60,9

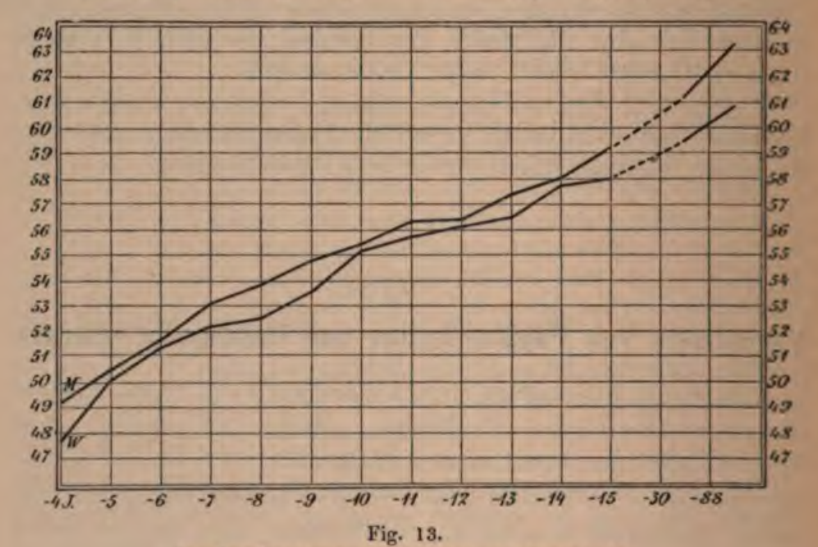


Fig. 13.
Die Pupillendistanz nach Alter und Geschlecht.

Es gehen hieraus die beiden längst bekannten Thatsachen hervor, dass während der ganzen Wachsthumsperiode die Pupillendistanz beständig zunimmt, und dass dieselbe immerwährend bei den männlichen Individuen etwas grösser ist, als bei den weiblichen. — Leider war die Zahl der Untersuchten von 15—30 Jahren für jeden Jahrgang zu gering, als dass zuverlässige Mittelwerte erwartet werden durften. Wir haben deshalb alle die betreffenden Individuen in eine Gruppe zusammen genommen und schliesslich der letzten — den zweifellos ausgewachsenen — gegenüber gestellt. Es geht aus den solcherweise erhaltenen Zahlen wenigstens das sicher hervor, dass vom 15. Lebensjahre ab die Pupillendistanz noch ganz erheblich zunimmt, und dass gerade bei den aus-

gewachsenen Individuen der Unterschied der Geschlechter sich auffallend deutlich geltend macht.

Wollen wir nun die Hornhautkrümmung mit der Basaldistanz in Beziehung bringen, so dürfen wir uns nicht verhehlen, dass dies bei so variabeln Grössen, deren Variabilität nicht einmal das gleiche Tempo einhält, nicht ohne eine gewisse Vorsicht geschehen darf. Die grössten Veränderungen der Hornhaut fallen indessen in die früheste Jugend. Später hört zwar der Process, wie wir sehen, nicht völlig auf; doch sind die Jahr für Jahr sich einstellenden Differenzen so gering, dass sie durchaus vernachlässigt werden dürfen. — Mit dem Ende des Wachsthums wird ja auch die Pupillendistanz nicht mehr zunehmen. Es können also ganz gut Hornhautrefraction und Basallinie bei Erwachsenen verglichen werden, und wenn sich für breite Gesichter auffallend anders gekrümmte Hornhäute zeigen als für schmale, so wird man an einer directen Abhängigkeit nicht zweifeln dürfen. Wenn wir nachher jeweilen für jede Gruppe der noch im Wachsthum befindlichen Individuen als Ausgangspunkt die für das entsprechende Alter mittlere Pupillendistanz annehmen, und wenn dann aus ganz gleichartigen Rechnungen gleiche Resultate hervorgehen wie bei den Erwachsenen, so wird auch diesen ein Werth nicht abzusprechen sein. Wenn sich durch eine ganze Reihe von Altersgruppen hindurch immer wieder die gleichen Abhängigkeitsverhältnisse der beiden Messungen Pupillendistanz und Hornhautrefraction zeigen, so beweist dieses gesetzmässige Auftreten mehr, als der Betrag der Differenz in den einzelnen Jahrgängen.

Beginnen wir mit den 250 Individuen von 20—88 Jahren. 21 gehen davon ab, wegen Strabismus oder Fehlen der Angabe der Pupillendistanz. Es bleiben somit noch 229.

Das schmalste Gesicht misst 53, das breiteste 71 mm. Weitaus die meisten Fälle haben 58—64 mm, nämlich 168. Der Durchschnitt beträgt 61,3 mm. Nun haben wir aber gesehen, dass bedeutende Differenzen bestehen zwischen beiden Geschlechtern. Wir dürfen deshalb nicht die Resultate aller Individuen zusammenfassen. Wenn wir z. B. alle unter dem allgemeinen Mittel von 61 mm stehenden auf ihre Hornhautrefraction untersuchten und erwarteten, eine erheblich über dem allgemeinen Mittel stehende Hornhautrefraction zu finden, so müsste diese Untersuchung wahrscheinlich resultatlos verlaufen, denn wir hätten

unter den betreffenden 98 Individuen 82 weibliche und nur 16 männliche, und von den ersteren entfielen 43 in die unmittelbare Nähe des weiblichen Mittelwerthes von 60 mm, während nur 39, also nicht einmal die Hälfte wirklich als schmal bezeichnet werden konnten.

Wir vertheilen deshalb die Individuen nach dem Geschlecht, und wir sehen sofort, dass ganz auffallend viele der breiten Gesichter zu der männlichen und der schmalen zu der weiblichen Gruppe gehören. Es ergiebt sich für die erstere ein Durchschnitt von 63,0 mm Pupillendistanz, für die letztere 60,2 mm.

Tabelle 2 giebt die Vertheilung nach Graden und Gruppen.

		Männlich		Weiblich	
		Individuen	%	Individuen	%
I	Ueber dem Mittel	23	25	47	34,3
II	In dem Mittel mit 1,0 mm Grenze nach oben und unten	44	47,8	51	37,2
III	Unter dem Mittel	25	27,2	39	28,5

Die mittlere Brechkraft der Hornhaut bei den 92 Männern beträgt 42,35 D, bei den 137 Frauen 42,95.

Wir theilen nun die ersteren nach der Pupillendistanz in 5 Gruppen ein und zwar so, dass entfallen auf Gruppe

1 die Fälle mit Pupillendistanz 56—58 mm
2 „ „ „ „ 59—61 „
3 „ „ „ „ 62—64 „
4 „ „ „ „ 65—67 „
5 „ „ „ „ 68—71 „

und berechnen zu jeder Gruppe die durchschnittliche Hornhautrefraction. Es ergeben sich folgende Werthe

ad 1 43,25 D
ad 2 42,77 D
ad 3 42,43 D
ad 4 41,95 D
ad 5 41,03 D,

d. h. es lässt sich eine ganz constante Abnahme der Hornhautkrümmung bei zunehmender Pupillendistanz feststellen, wie aus Curve M in Fig. 14 deutlich zu ersehen ist. —

Genau dasselbe Resultat ergiebt sich für die Frauen, wie die folgenden Zahlen und Curve W in Fig. 14 beweisen.

Tabelle 3. Verhältniss von Pupillendistanz und Hornhautrefraction bei Frauen.

Gruppe	1	2	3	4	5
Pupillendistanz in mm	53—55	56—58	59—61	62—64	65—69
Hornhautrefraction in D	44,02	43,34	42,82	42,62	42,52

Dabei besteht immerhin der bemerkenswerthe Unterschied, dass die Hornhautrefraction bei den Frauen auch da durchschnittlich nicht so erheblich sinkt, wo ausnahmsweise breite Gesichter getroffen werden und dass — auch bei absolut gleicher Basallinie

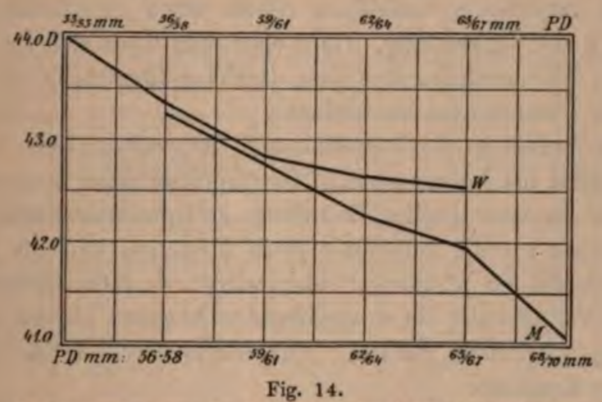


Fig. 14.
Hornhautrefraction: Pupillendistanz bei beiden Geschlechtern.

— durchschnittlich die Cornea der Frauen constant etwas stärker gewölbt ist. Es lässt sich daher die schon früher angeführte höhere mittlere Hornhautkrümmung des weiblichen Geschlechts nicht einfach und ausschliesslich auf die geringere Gesichtsbreite zurückführen.

Recht augenscheinlich zeigt sich die gegenseitige Abhängigkeit der beiden in Frage stehenden Maasse, wenn wir uns die Extreme noch etwas genauer besehen.

Wir wählen zu dem Zwecke bei den männlichen Individuen durchaus ohne jede Rücksicht auf Pupillendistanz alle Hornhäute aus mit einer Brechkraft von weniger als 41,0 D und von 44,0 und mehr Dioptrien und ordnen sie nach der Pupillendistanz. Es kommt dabei folgende Vertheilung heraus.

Tabelle 4. Pupillendistanz bei extremer Hornhautkrümmung.

Pupillendistanz	—58	—60	—62	—64	—66	—68	—71	Durchschnitt
Flache Hornhäute	—	1	2	4	3	4	3	**65,6** mm
Stark gewölbte Hornhäute . .	2	3	3	4	1	—	—	**61,0** „

Solche Zahlen sprechen für sich und es ist durchaus überflüssig, dieselbe Berechnung auch für die Frauen anzuführen.

Nun soll gezeigt werden, dass sich der gleiche Nachweiss des behaupteten Zusammenhanges ganz wohl auch für die erst im Wachsen begriffenen Individuen führen lässt. Es kommt dabei Material I zur Verwendung. Ganz ebensogut liesse sich III und IV benutzen. Es erscheint uns aber durchaus überflüssig, die Frage an allen Untersuchten auszuführen.

Wir ordneten die Berechnungen folgendermassen an. Es wurde zuerst als Ausgangspunkt die Pupillendistanz angenommen, und dann in einer zweiten Rechnung die Hornhautrefraction, und zwar theilten wir die Individuen je in 3 Klassen ein, wie man an einem Beispiel am leichtesten sehen wird. Es sollen deshalb zum besseren Verständniss die entsprechenden Angaben für den jüngsten Jahrgang mitgetheilt werden. Für die späteren Jahre genügen dann die Resultate.

10.—11. Jahr.

A. **Pupillendistanz : Hornhautrefraction.**

Klasse	Pupillendistanz	Individuen	mittlere Hornhautrefraction
1	bis und mit 54 mm*)	16	$\frac{1392,0}{32} = \mathbf{43,5\ D}$
2	55—58 mm	41	$\frac{3516,75}{82} = \mathbf{42,89\ D}$
3	59 und mehr mm	14	$\frac{1175}{28} = \mathbf{41,96\ D}$
	Gesammtdurchschnitt		$\frac{6083,75}{142} = \mathbf{42,84\ D.}$

*) Anmerkung: Variabel mit den Jahrgängen. Die mittlere (2.) Gruppe umfasst jeweilen die 4 um das Jahresmittel liegenden Millimeter. Gruppe 1 die darunter, Gruppe 3 die darüber liegenden. Auf diese Weise verursacht das steigende Alter keine nennenswerthen Fehler.

B. **Hornhautrefraction : Pupillendistanz.**

Klasse	Hornhautrefraction	Individuen	mittlere Pupillendistanz
1	bis 41,75 D	18	$\frac{1050}{18} = 58{,}3$ mm
2	42,0—43,75 D	35	$\frac{1971}{35} = 56{,}3$ mm
3	44 und mehr D	18	$\frac{988}{18} = 54{,}9$ mm
	Gesammtdurchschnitt		$\frac{4009}{71} = \mathbf{56{,}5}$ **mm**

Wir stellen nun die in gleicher Weise gewonnenen Resultate aller 5 Jahrgänge zusammen.

Tabelle 5. Verhältniss von Hornhautrefraction und Pupillendistanz bei Kindern.

Alter	Pupillendistanz bei einer Hornhautrefraction von D			Hornhautrefraction bei einer Pupillendistanz von		
	—41,75	42—43,75	44 und mehr	geringer	mittlerer	grosser Breite
10—11	58,3	56,3	54,9	43,5	42,89	41,96
11—12	58,6	57,1	55,7	43,18	42,75	42,39
12—13	58,3	58,6	57,2	43,26	42,77	42,54
13—14	59,0	57,7	56,7	43,37	42,69	42,42
14—15	59,4	59,4	57,7	44,21	43,42	42,84
10—15	57,9	57,9	56,5	43,45	42,89	42,47

Hieraus geht unzweifelhaft ein ganz inniges Verhältniss der zwei Maasse hervor. Das Resultat für die ganze Gruppe (I) soll noch durch eine Curve (Fig. 15 I s. S. 69) veranschaulicht werden.

Aehnlich wie oben soll nun auch hier das Abhängigkeitsverhältniss durch ausgewähltes Material noch frappant gemacht werden. In Tabelle 6 sind die 25 Individuen mit mindestens einer Hornhaut von weniger als 41,0 D Brechkraft zusammengestellt und nach der Pupillendistanz geordnet, ebenso die 27 Individuen mit 43,5 D und schliesslich die 25 Individuen mit 45,0 und mehr Dioptrien. Die Anhäufung der grossen Menge in jeder Gruppe ist mit einer Umfassung auffälliger gemacht, und man sieht sehr deutlich, wie mit zunehmender Hornhautwölbung die grosse Zahl der Individuen den kleinen Pupillendistanzen zurückt.

Die Durchschnittszahlen für Pupillendistanz der drei Gruppen sind folgende:

1. Flache Hornhäute 59,3 mm } Differenz 1,5 mm.
2. Mittlere Hornhäute 57,8 mm } Differenz 1,5 mm.
3. Gewölbte Hornhäute 56,3 mm

Tabelle 6. Vertheilung der Hornhäute mit extremer und mittlerer Brechkraft nach der Pupillendistanz.

Pupillendistanz	Hornhautrefraction			Pupillendistanz
	bis 40,75	43,5	45 u. mehr	
53	—	—	2	53
54	—	3	3	54
55	1	1	6	55
56	1	2	3	56
57	3	4	5	57
58	7	7	1	58
59	1	3	2	59
60	6	6	2	60
61	—	1	1	61
62	4	—	—	62
63	1	—	—	63
64	—	—	—	64
65	1	—	—	65

Wir denken, dass aus diesen Zahlen und aus Fig. 15 II das behauptete Verhältniss klar genug hervorgeht.

Aehnlich fällt natürlich das Resultat aus, wenn wir von der Basaldistanz ausgehen. Es haben in der That die 44 Individuen mit Pupillendistanz bis und mit 54 mm eine durchschnittliche Cornealrefraction von 43,45 D, während die 56 Individuen mit Pupillendistanz 61 mm und mehr nur 42,42 D zeigen. Alle 100 Individuen mit extremen Pupillendistanz weisen einen Durchschnitt auf von 42,88 D, was dem allgemeinen Mittel für die Gruppe I 42,89 D ausserordentlich nahe steht.

Soweit bei den Knaben. Das Gleiche lässt sich nun auch bei den Mädchen der Gruppe II bis feststellen, wie aus den folgenden Erörterungen hervorgeht.

Fig. 16 giebt in der ausgezogenen Curve die verschiedenen Hornhautkrümmungen dieser 300 Augen wieder. Man erkennt sofort die grosse Uebereinstimmung mit früher Ausgeführtem. Nun werden die 150 Individuen nach Abzug von 3 Schielenden in zwei Gruppen eingetheilt, in eine erste bis und mit 57 mm Pupillendistanz und eine zweite von 58 und mehr mm und von neuem nach der Hornhautkrümmung geordnet. Tabelle 7 (s. S. 70) giebt die Resultate dieser Scheidung.

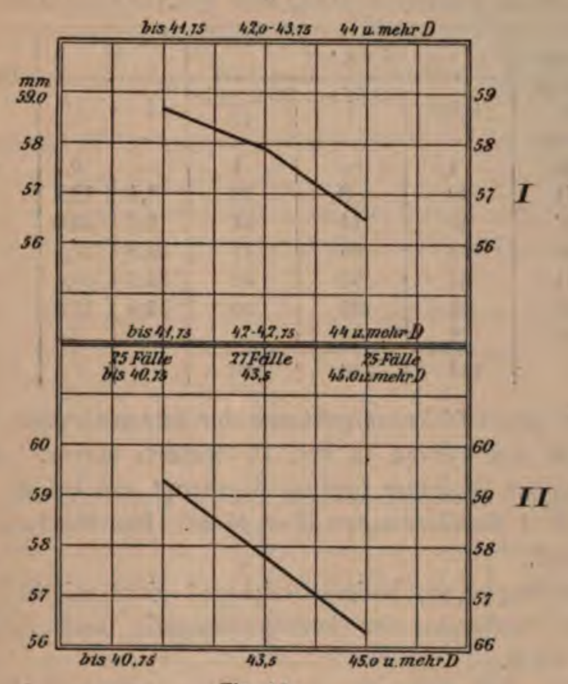


Fig. 15.
Verhältniss von Pupillendistanz und Hornhautrefraction.

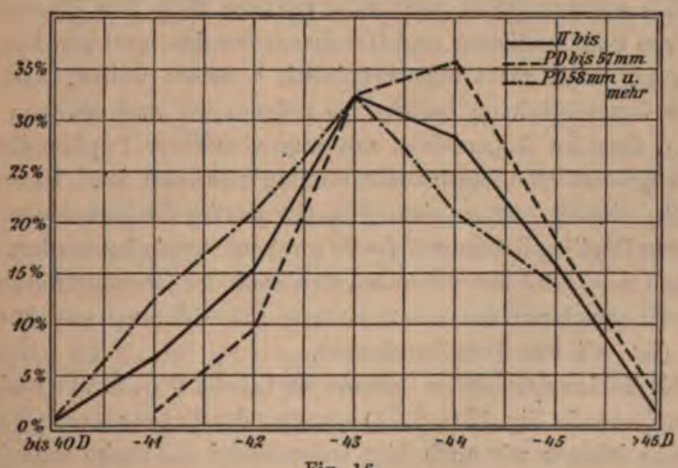


Fig. 16.
Hornhautrefraction bei extremer Pupillendistanz.

Tabelle 7. Vertheilung der Mädchen von Gruppe II bis nach Pupillendistanz und Hornhautrefraction.

Hornhaut-refraction in D	Augen			%		Differenz von I und II
	Total	bis 57 mm I	58 u. mehr II	I	II	
bis 40	1	—	1	—	0,7	— 0,7%
„ 41	20	2	18	1,4	12,2	— 10,8%
„ 42	45	14	31	9,6	20,9	— 11,3%
„ 43	95	48	47	32,9	31,8	+ 1,1%
„ 44	83	52	31	35,6	20,9	+ 14,7%
„ 45	46	26	20	17,8	13,5	+ 4,3%
>45	4	4	—	2,7	—	+ 2,7%
	294	146	148			

Die grosse Differenz geht aus der letzten Colonne der Tabelle und aus den Curven in Fig. 16 deutlich hervor. Die Gruppe der schmalen Gesichter beginnt überhaupt erst bei 40—41 D und hat noch 4 Repräsentanten über 45 D. Das Maximum fällt auf > 43—44.

Die Gruppe der breiten Gesichter beginnt mit 40,0, hat keine Vertreter mehr in der letzten Categorie und culminirt bei > 42—43 D.

Die mittlere Pupillendistanz aller 147 Individuen beträgt 57,7 mm. Es ist nun klar, dass, wenn wir die dem Mittel nächsten Angaben mitverwerthen, sehr viele mittlere Fälle den Zusammenhang von Pupillendistanz und Hornhautrefraction maskiren können. Wenn wir daher recht augenscheinlich beweisen wollen, dass ein solcher Zusammenhang besteht, so müssen wir nachzuweisen versuchen, dass im Allgemeinen mit ungewöhnlicher Pupillendistanz auch ungewöhnliche Hornhautkrümmung verknüpft ist. Es sollen deshalb, ähnlich wie es oben gemacht wurde, die Individuen mit mittleren Pupillendistanzen (57—59 mm) ausgeschieden werden. Die restirenden 85 Mädchen vertheilen sich nach der Hornhautrefraction folgendermassen auf die untere Gruppe (52—56 mm) und auf die obere (60—64 mm Pupillendistanz).

Die Zahlen der letzten Colonne in Tabelle 8 (s. S. 71) und die beiden Curven in Fig. 17 (s. S. 72) sprechen deutlicher als viele Worte.

Nun können wir auch hier selbstredend die Sache umkehren und von der Cornealrefraction ausgehen. Wenn wir zu diesem Zwecke die 25 Individuen mit schwächster Hornhautkrümmung

(wenigstens ein Auge $<$ 42,0 D) und die 28 Individuen mit stärkster Hornhautkrümmung (wenigstens ein Auge $>$ 44,0 D) auf ihre Basaldistanz untersuchen, so erhalten wir — bei einem allgemeinen Durchschnitt von 57,7 mm Pupillendistanz für Gruppe II bis — für

1. stark gewölbte Hornhäute . . . . 57,2 mm,
2. schwach gewölbte Hornhäute . . . . . . 59,0 mm

und wenn wir noch weiter ausscheiden, so ergiebt sich für

1. Hornhäute mit $\overset{=}{<}$ 41,0 D eine mittlere Pupillendistanz von 59,8 mm und
2. Hornhäute mit $>$ 44,5 D eine mittlere Pupillendistanz von 54,3 mm,

somit eine Differenz von 3,5 mm.

Die Resultate stimmen also ganz überein mit den oben gefundenen.

Tabelle 8. Die Hornhautkrümmung bei den schmalsten und breitesten Gesichtern von II bis.

Hornhaut-refraction in D	Augen		%		Differenz in %
	bis 56 mm	60 u. mehr	bis 56	60 u. mehr	
bis 40	—	1	—	1,2	— 1,2
„ 41	—	10	—	11,9	— 11,9
„ 42	8	16	9,3	19,0	— 9,7
„ 43	29	30	33,7	35,7	— 2,0
„ 44	33	19	38,4	22,6	+ 15,8
„ 45	15	8	17,4	9,5	+ 7,9
$>$45	1	—	1,2	—	+ 1,2
	86	84			

Bei Gelegenheit der Nachuntersuchungen in der städtischen Mädchensekundarschule suchte ich auch alle jene Schülerinnen auf, die bei der ersten Messung durch sehr stark gewölbte oder sehr flache Hornhäute sich auszeichneten. Da die Nachuntersuchungen der 300 Augen von II bis bewiesen, wie wenig sich seit der ersten Messung die Hornhäute geändert hatten, so durfte ich mich, ohne einen irgendwie nennenswerthen Fehler zu begehen, auf die früheren ophthalmometrischen Angaben beziehen. Es wurde also nur die seinerzeit versäumte Feststellung der Pupillendistanz nachgeholt. Dieses Material (IX) beweist noch einmal die Abhängigkeit der Gesichtsbreite und der Cornealwölbung.

Es gelangten noch 50 Mädchen (die unter II bis schon einmal berechneten nicht mitberücksichtigt) zur Untersuchung und zwar:

1. 17 mit Hornhautrefraction > 44,5 D (mittleres Alter 14 Jahre 5 Monate).
2. 23 mit Hornhautrefraction < 42,0 D (mittleres Alter 14 Jahre 6 Monate).

Da das mittlere Alter so ziemlich gleich ist, so fällt also eine allfällige Differenz von Pupillendistanz ganz auf Rechnung der behaupteten Abhängigkeit derselben von der Hornhautrefraction.

Es ergaben sich folgende Werthe für die Basallinie:

Durchschnittlich für alle 50 Individuen 57 mm

„	„ Gruppe 1	55,7 mm	Differenz 2,5 mm
„	„ „ 2	58,2 mm	

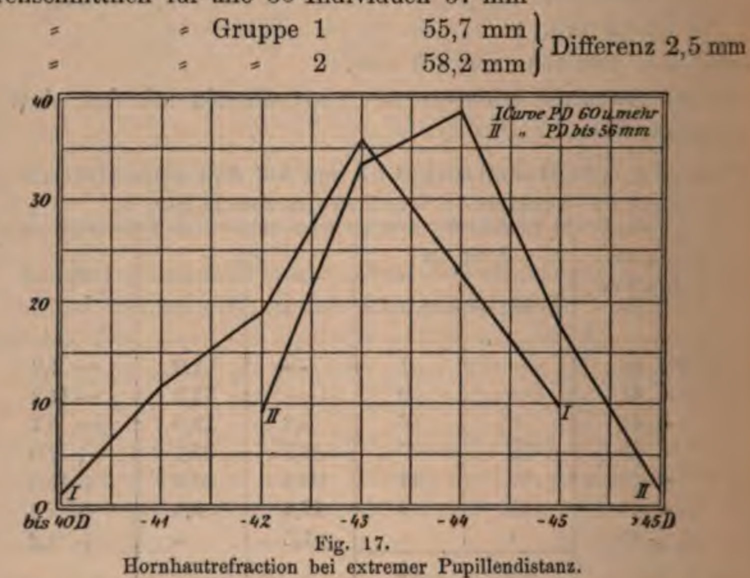


Fig. 17.
Hornhautrefraction bei extremer Pupillendistanz.

Die ganz ungleiche Vertheilung der Fälle von 1 und 2 geht aus der nachstehenden Anordnung deutlich hervor.

Tabelle 9. Pupillendistanz und extreme Hornhautkrümmung.

Flache Hornhäute		Pupillendistanz in mm	Stark gewölbte Hornhäute	
Augen	%		%	Augen
—	—	49—52	11,0	3
2	8,5	53—55	40,7	11
3	13,0	56—57	25,9	7
10	43,5	58—59	14,8	4
8	34,8	60—62	7,4	2
25				27

Nicht ohne ein gewisses Interesse ist folgende Beobachtung. Es war mir im Verlauf des Studiums des uns beschäftigenden Themas immer klarer geworden, dass zwischen den Krümmungsverhältnissen der Hornhaut und der Schädelbildung gewisse Beziehungen bestehen, und dass die in Capitel VII behandelte unzweideutige Heredität für die Eigenthümlichkeiten der Cornealwölbung eben in letzter Linie nur eine Folge der vererbten Eigenthümlichkeiten der Kopfbildung sei. Um Material zur Beleuchtung dieser Frage zu erhalten, schien es mir nicht ungeeignet zu sein, nicht nur die oben erwähnten Mädchen mit ausnahmsweiser Hornhautrefraction zu untersuchen, sondern, soweit es möglich war, auch ihre Schwestern. (Von den Brüdern sah ich deshalb ab, weil die Differenz der Geschlechter zu Täuschungen und Irrthümern hätte Anlass geben können.)

Es wurden also alle in der Sekundarschule anwesenden jüngeren Schwestern der oben genannten 50 Mädchen ohne irgend welche andere Rücksicht auf Pupillendistanz, Hornhautastigmatismus und Hornhautrefraction untersucht. Es fanden sich allerdings nur wenige — 16 —, die zu 13 älteren Schwestern gehörten. Die Pupillendistanz-Verhältnisse sind folgende.

Pupillendistanz	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	Total
Aeltere Schwestern	1	—	—	1	2	3	2	1	3	—	—	13
Jüngere „	—	—	2	3	2	2	1	—	3	1	2	16.

Wir wollen nun aus den 13 älteren Schwestern 2 Gruppen machen, eine mit schmalen und eine mit breiten Gesichtern und dann sehen, ob sich die 16 jüngern an die Gruppen anlehnen, oder ob ein Einfluss nicht vorhanden ist. Es ist übrigens das Erstere zum vornherein nicht ganz unwahrscheinlich, da wir deutlich sehen, wie die 16 in eine obere und eine untere Gruppe sich theilen (bis 58 mm). Tabelle 10 giebt ein unzweideutiges Bild.

Tabelle 10. Vertheilung der 16 jüngeren Mädchen nach ihrer Pupillendistanz und ihrer Zugehörigkeit zu den älteren Schwestern.

	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	Durchschnitt
13 ältere Schwestern I	1	—	—	1	2	3						55,7 mm
II							2	1	3	—	—	59,2 mm
Jüngere Schwestern zu I	—	—	2	3	2	1	—	—	1	—	—	55,8 mm
Jüngere Schwestern zu II	—	—	—	—	—	1	1	—	2	1	2	60,0 mm

Der Gruppe I der älteren Schwestern mit schmalen Gesichtern entsprechen 9 jüngere Schwestern; von diesen haben 8 ebenfalls schmale Pupillendistanz. Der Gruppe II der älteren entsprechen 7 jüngere und alle diese haben eine für ihr Alter sehr grosse Gesichtsbreite. Wir sehen also ganz unzweifelhaft, dass ausserordentlich schmale oder breite Gesichter eine Familieneigenthümlichkeit sein können.

Ganz analog sind die Verhältnisse der Hornhautkrümmung. Um nicht oft Gesagtes zu wiederholen, wollen wir nur angeben, wie hoch die durchschnittliche Hornhautrefraction der schmalen und der breiten Gesichter ist.

	Schmale Gesichter	Breite Gesichter
1. Aeltere Schwestern	44,4 D	41,4 D
2. Jüngere Schwestern	43,9 D	41,8 D

Noch frappanter als Durchschnittszahlen sind indessen einzelne Beispiele, von denen wir einige anführen wollen.

		Hornhaut-Refraction od	os	Pupillen-distanz mm	
1. Rosa T.	15 Jahre	44,25	44,0	56	†Die Differenz entspricht
Albertine T.	13½ Jahre	44,75	45,0	53†	dem Altersunterschied.
2. Elsb. Fr.	14 Jahre	41,75	41,75	60	Auffallend grosse Kinder;
Dora Fr.	11 Jahre	41,25	41,25	62	Mutter sehr gross.
3. Joh. D.	16½ Jahre	41,25	41,25	60	
Frieda D.	15¼ Jahre	41,25	41,25	62	

Interessant als Ausnahme, aber nur um so deutlicher für die Abhängigkeit von Pupillendistanz und Hornhautrefraction sprechend ist folgendes Beispiel:

		od	os	Pupillen-distanz
4. Mina W.	14 Jahre	45,25	44,5	52
Martha W.	12 Jahre	42,5	42,75	55

Dem Alter nach sollte man eine Differenz der Pupillendistanz zu Gunsten der älteren Schwester erwarten. Statt dessen hat die jüngere ein beträchtlich breiteres Gesicht, das ziemlich genau dem Mittel für 12 Jahre entspricht, während 52 mm weit unter dem Mittel für 14 Jahre (58 mm) liegt. Und in völliger Uebereinstimmung damit ist bei dem einen der Kinder die Hornhautkrümmung eine mittlere, während sie bei dem andern abnorm hoch ist.

Ein ähnliches Beispiel findet sich in Material Va.

5. Arthur und Albert Sch., Zwillinge von fünf Jahren, sehen einander ziemlich ähnlich; Albert ist aber merklich grösser.

Die Untersuchung ergiebt folgende Verhältnisse:

	od	os	Pupillendistanz
Arthur	44,5	44,5	47 mm
Albert	41,5	41,5	50 mm

Hier sehen wir also bei gleichem Alter das breitere Gesicht mit der flacheren Hornhaut vereinigt.

Aus diesem Beispiel geht auch hervor, dass sich die flachere Hornhaut beim grösseren der beiden Knaben fand. Es ist deshalb die Frage naheliegend, ob nicht überhaupt die Hornhautkrümmung mit der Körpergrösse in einer gesetzmässigen Relation stehe und die eben entwickelte Beziehung zur Pupillendistanz nichts weiteres sei, als ein Ausdruck dieser Abhängigkeit.

Dagegen ist aber zu bemerken, dass Gesichtsbreite und Körpergrösse durchaus nicht in einem constanten Verhältniss stehen, dass es zum Beispiel Völkerschaften mit einem grossen Menschenschlag giebt, die deshalb noch durchaus nicht breitgesichtig zu sein brauchen, ja dass im Gegentheil kleine Leute recht oft grosse Köpfe und breite Gesichter zeigen. Ich erinnere mich recht gut an Beobachtungen, die ich in dieser Hinsicht machen konnte, hauptsächlich auch in den schweizerischen Fremdenorten und Vergleiche von z. B. Engländern mit Einheimischen aus gewissen Berner Bergthälern sind oft sehr geeignet, diese Meinung zu stützen.

Nun gestehe ich zwar, dass mir keine einschlägigen Zahlen und Maasse zur Verfügung stehen, aber meine Erinnerung an oft empfangene Eindrücke lässt mich für die obige Frage die Deutung einer strengen Relation von Körpergrösse und Pupillendistanz nicht annehmen.

Das schliesst selbstredend nicht aus, dass auch zwischen Körperlänge und Hornhautrefraction eine Beziehung besteht. Ja ich konnte die Beobachtung selbst oft genug machen, dass extreme Wölbungen mit extremer Statur verbunden sind. Nur kann ich diese Abhängigkeit nicht statistisch stützen und präcisiren.

Es wurde oben bemerkt, dass die Differenz der Pupillendistanz von Mann und Frau nicht hinreichend sei, um die Differenzen in der Cornealkrümmung zu erklären und es ist anzunehmen, dass

gerade der erhebliche mittlere Unterschied in der Körpergrösse an der Verschiedenheit der männlichen und der weiblichen Hornhautwölbung seinen Antheil hat.

v. Reuss (19) theilt schon 1881 mit, dass er wiederholt beobachtet habe bei Messungen an erwachsenen Männern, dass auffallend grosse Radien besonders grossen, robusten Leuten angehörten, während im Gegentheil kleine, schwächliche kleine Radien zeigten.

Es wäre recht interessant, vergleichende Messungen von verschiedenen Völkerschaften zu besitzen, die sich gerade durch grosse Differenzen in der Statur auszeichnen.

Auch Javal (21) ist durchaus der Ansicht, dass die Grösse des Menschen von erheblichem Einfluss ist auf die Krümmung der Hornhaut.

Auf seine Veranlassung hin haben im Jahre 1885 Bourgeois und Tscherning (10) Untersuchungen angestellt über die Beziehungen zwischen Cornealwölbung, dem Umfang des Kopfes und der Körpergrösse. Sie sind dabei zu folgendem Schluss gekommen: Il résulte donc de nos recherches qu'on peut dire d'une manière générale que les hommes les plus grands et surtout ceux ayant des têtes plus fortes ont des rayons de cornée plus grands. Mais cette influence et faible . . . . Ich habe die auf den Umfang des Kopfes bezüglichen Worte hervorgehoben, um zu zeigen, dass dem von uns angegebenen Verhältniss zur Pupillendistanz wohl der grössere Werth zukommt als demjenigen zur Statur, denn es darf sicherlich vermuthet werden, dass die umfangreicheren Köpfe im allgemeinen auch die grösste Pupillendistanz haben.

IV. Capitel.

Die Hauptmeridiane.

Dass mit dem Javal'schen Ophthalmometer sofort die Lage der Hauptachsen des astigmatischen Auges bestimmt werden kann, ist vielleicht die grösste Annehmlichkeit, die der Gebrauch des Apparates in der Praxis gewährt. Jeder Praktiker weiss zur Genüge, wie zeitraubend und lästig das Aufsuchen der richtigen Achsenstellung ist. Ja, wenn diese einmal gefunden ist, dann geht die Bestimmung des Grades der Asymmetrie oft ziemlich rasch vor sich. Allein eben diese sichere Bestimmung ist oft recht schwierig auszuführen. Das geht auch aus den divergirenden statistischen Mittheilungen über Achsenstellung hervor, wie im II. Theil ausführlicher gezeigt werden wird. Ein grosser Theil der nach gewöhnlichen Methoden gefundenen Achsen sind ungenau, sehr viele sicher ganz falsch. Je länger in unklaren Fällen

versucht wird, um so unzuverlässiger und widersprechender waren die Angaben der Patienten. Der Ciliarmuskel wird dadurch offenbar gereizt, und schneller oder langsamer vorübergehende unregelmässige Contraktionen erschweren die Untersuchung wesentlich. Es ist also durchaus nicht bloss eine Frage der Zeitersparniss, wenn die Achse ophthalmometrisch bestimmt wird, sondern es gewinnen die Resultate der Untersuchung eine viel zuverlässigere Basis. Zahlreiche Messungen scheinen des bestimmtesten darzuthun, dass man sich — wie wir schon oben sagten — in der Praxis ohne Ophthalmometer in der Bestimmung der Achsen oft irrt. Darauf beruhen wenigstens theilweise auch die behaupteten Veränderungen, die in der Achsenstellung bei verschiedenen aufeinanderfolgenden Untersuchungen gefunden wurden und in erster Linie die unverhältnissmässig viel schiefen Achsen. Zwar sind ja beide Beobachtungen bis zu einem gewissen Grade richtig und wir werden selbst den Beweis leisten, dass gerade die starken Grade von Astigmatismus oft schiefe Achsen aufweisen und dass eine Variabilität der Hauptmeridiane ausser Zweifel steht. Wenn das letztere mit genauen ophthalmometrischen Messungen nachgewiesen werden kann, so gewinnt eine bis jetzt auf recht unsicheren Füssen stehende Behauptung eine solide Grundlage.

Um den normalen Verhältnissen möglichst nahe zu kommen, wollen wir die Achsenstellung zuerst an den »unverdorbenen« Augen der Secundarschülerknaben (I) studiren. Wir werden dabei wesentliche Abweichungen finden von den älteren Anschauungen. Das hängt zum Theil mit dem Alter der Untersuchten zusammen, z. B. mit dem Charakter des Materials: Schüler ohne Auswahl gegenüber Patienten.

Zu je älteren Jahrgängen wir in unseren Betrachtungen kommen, um so mehr nähern sich unsere Zahlen für abnorme Achsenstellung den Angaben mancher Autoren, die nur eine subjective Untersuchung vornehmen konnten.

Knabensecundarschule: 441 Individuen, 882 Augen.

Zum Studium der Meridianstellung fallen alle jene Fälle weg, die keinen Hornhautastigmatismus, also auch keine differenten Hauptmeridiane haben. Es sind 30 Individuen mit 50 Augen. Somit verbleiben 411 Knaben mit 832 Augen.

Davon ist der Meridian schwächster Krümmung wagrecht (—) in 796 Augen = 95,7 % oder mit einem Ausschlag von höchstens 10° nach jeder Seite: 806 Augen = 96,9 %

senkrecht (|) in 7 Augen = 0,8 %
schief (╲) in 29 Augen = 3,5 % oder

mit Berücksichtigung ausschliesslich von Fällen mit mehr als 10° Abweichung von — oder | in 14 Augen = 2,3 %.

Die schiefen Hauptmeridiane zeigen im einzelnen folgende Richtungen:

	5°	10°	15°	20—40°	45°	50—70°	75°	80°	85°
temporal	—	—	—	—	—	—	—	—	—
nasal	—	—	—	—	1	7	11	7	3

Auf die Bedeutung dieser auffallenden Vertheilung kommen wir im Capitel über Aetiologie des Astigmatismus zurück.

Von grossem Jnteresse ist das gegenseitige Verhalten der Meridiane beider Augen eines Individuums.

Sauvage (22) behauptet, dass je nach der Stellung der Achsen die subjectiven Beschwerden bei Astigmatismus sehr verschieden seien. | und — werden am besten ertragen; schon weniger gut ⁄ und symmetrisch, und am meisten Beschwerden resultiren bei schiefer und zugleich paralleler Stellung.

Die folgende Gruppirung giebt eine Uebersicht über das Verhalten der Achsenpaare.

Von den 411 Individuen haben den Meridian schwächster Krümmung in

		%	
1. beiden Augen —	389	94,6	1
2. „ „ |	1	0,2	2
3. einem Auge —, dem anderen |	3	0,7	3
4. „ „ —, „ „ ⁄	7	1,7	4
5. „ „ |, „ „ ⁄	—	—	5
6. in beiden Augen ⁄ und symmetrisch	9	2,2	6
7. „ „ „ ⁄ und annähernd (bis 15°) symmetrisch	1	0,2	7
8. „ „ „ ⁄ und parallel (||)	—	—	8
9. „ „ „ ⁄ und annähernd ||	—	—	9
10. „ „ „ ganz verschieden	1	0,2	10
	411		

Alle anderen als die Hauptstellung kommen verhältnissmässig selten vor, am häufigsten noch die schiefe Symmetrie.

Nun vertheilen sich die ungewöhnlichen Achsenstellungen durchaus nicht gleichmässig auf alle Augen, sondern es zeigt sich ein

frappanter Unterschied je nach dem Grad des Astigmatismus: je höher dieser, um so mehr Abweichungen von — und | (s. Cap. V). Das zeigt sich am einfachsten aus den zwei folgenden Betrachtungen:

1. Durchschnittlicher Astigmatismus für alle Augen 0,7 D
   Durchsch. Astigm. für Augen mit schiefen Achsen **1,61** D;

2. Durchschnittlicher Astigmatismus der Hornhäute mit — und | auf dem einen und ⁄ auf dem anderen Auge am selben Individuum:

   a) — und | 0,95 D
   b) ⁄ **1,54** D.

Die Unterschiede sind so ausserordentlich gross, dass ein causaler Zusammenhang von Astigmatismus und Abweichung der Achsen von der Norm unzweifelhaft erscheint.

Ein solcher Zusammenhang lässt sich auch noch auf andere Weise nachweisen. Während nämlich für alle hierher gehörigen Augen der Astigmatismus in 69 % der Fälle beiderseits gleich und nur in 31 % ungleich ist, steigt die Häufigkeit der ungleichen Grade von Astigmatismus bei Augen mit Achsen weder — noch | noch symmetrisch in schiefer Lage auf 40 % und das Verhältniss wird bei älteren Jahrgängen noch bedeutend auffallender, denn wir werden nun gleich sehen, dass diese fast idealen Zustände in den jugendlichen Achsenverhältnissen mit zunehmendem Alter bedeutend erschüttert werden.

Die folgenden Tabellen gestatten eine Vergleichung der Meridianstellung in den schon öfters aufgeführten 4 Lebensabschnitten:

I. Vertheilung aller Achsen.

Alter	Individuen	Augen	Anzahl			%		
			—	|	⁄	—	|	⁄
8—16	411	832	796	7	29	95,7	0,8	3,5
16—30	94	192	178	8	6	92,6	4,2	3,1
30—50	96	195	162	15	18	83,1	7,7	9,2
50—88	84	180	115	36	29	63,9	20,0	16,1
		1399	1251	66	82			

II. Vertheilung der schiefen Achsen.

temporal				Abweichung von der Verticalen	nasal			
8—16	16—30	30—50	50—88		50—88	30—50	30—16	8—16
—	—	—	—	5°	—	—	—	—
—	—	—	3	10°	1	—	—	—
—	—	1	2	15°	—	—	—	—
—	—	—	6	20—40°	—	—	—	—
—	—	1	—	45°	2	2	—	1
—	—	—	1	50—70°	5	—	—	7
—	1	2	3	75°	3	2	3	11
—	—	3	—	80°	3	5	1	7
—	—	1	—	85°	—	1	1	3
—	1	8	15		14	10	5	29

III. Augenpaare.

Nummer	Art der gegenseitigen Stellung der Achsen			Anzahl				%				Anzahl
	das eine Auge	das andere		−16	−30	−50	−88	−16	−30	−50	−88	Total
1	—	—		389	86	76	50	94,6	91,5	79,2	59,5	601
2	|	|		1	3	6	13	0,2	3,2	6,3	15,5	23
3	—	|		3	1	2	4	0,7	1,1	2,1	4,8	10
4	—	⁄		7	2	6	4	1,7	2,1	6,2	4,8	19
5	|	⁄		—	—	—	2	—	—	—	2,4	2
6	⁄	＼	symmetr.	9	2	3	8	2,2	2,1	3,1	9,5	22
7	⁄	＼	annähernd symmetr.	1	—	—	1	0,2	—	—	1,2	2
8	⁄	⁄	‖	—	—	2	—	—	—	2,1	—	2
9	⁄	⁄	annähernd ‖	—	—	—	1	—	—	—	1,2	1
10	beide ganz verschieden			1	—	1	1	0,2	—	1,0	1,2	3
				411	94	96	84					685

IV. Achsenstellung und mittlerer Hornhautastigmatismus.

Stellung der Achsen	8—16	16—30	30—50	50—88	Total
	D	D	D	D	D
Durchschnitt für —	0,70*	0,76	0,76	0,68	0,71
„ „ |	0,39	0,34	0,67	0,66	0,59
„ „ ⁄	1,61	1,50	2,25	1,71	1,78

* Durchschnitt von allen 441 Knaben.

V. Durchschnittlicher Astigmatismus bei Individuen mit — | auf dem einen und ⁄ auf dem anderen Auge.

Stellung der Achsen	Durchschnittlicher Astigmatismus			
	8—16	16—30	30—50	50—88
| und —	0,95	1,38	1,08	1,14
⁄	1,54	1,5	2,29	1,89

VI. Zusammenhang von ungleichem Astigmatismus und unsymmetrischer Achsenrichtung.

(Weder | noch —, noch schief und symmetrisch.)

	8—16	16—30	30—50	50—88
	%	%	%	%
Ungleicher Astigmatismus auf beiden Augen im allgemeinen	31	38	50	61
Ungleicher Astigmatismus in Augen mit unsymmetr. Achsen	40	50	82	86

Sehen wir uns die einzelnen Tabellen etwas genauer an, so fallen uns vornehmlich folgende Punkte in's Auge:

ad Tabelle I. Mit steigendem Alter nimmt die Menge der Augen mit wagrechtem Meridian schwächster Krümmung beständig und ganz beträchtlich ab (von 95,7 bis 63,9 d. h. 31,8%). Früher wurde nachgewiesen, dass der perverse Astigmatismus mit den Jahren bedeutend häufiger werde. Auch das ist aus dieser Tabelle leicht zu ersehen, indem wir ein Zunehmen von 0,8 bis auf 20% beobachten, d. h. eine 25fache Vermehrung der perversen Fälle. Nun deckt aber diese Zunahme von senkrechten Achsen (um 19,2%) bei weitem nicht den obigen Ausfall an wagrechten (31,8%). Die Colonne der schiefen Achsen giebt uns die Aufklärung: diese steigen von 3,5% auf 16,1%, d. h. um 12,6%.

Im ersten Capitel wurde nachgewiesen, dass bei aller Veränderlichkeit des Hornhautastigmatismus doch die hohen Grade mit dem Alter weder merklich häufiger noch seltener werden, und dass sie überhaupt nur einen geringen Bruchtheil aller Augen ausmachen. In Folge dessen kann die Veränderung der Achsenrichtung auch im wesentlichen nicht von diesen hohen Graden abhängig gemacht werden. Eine einschlägige Untersuchung ergiebt denn auch, dass sich unter den neu auftretenden Augen mit

schiefen Achsen viele mit recht schwachem Astigmatismus finden. Wenn wir von der Aetiologie des perversen Astigmatismus zu reden haben werden, so müssen wir auf diese Eigenthümlichkeit zurückkommen.

ad II. Die Achsenverhältnisse geben uns ein treffliches Mittel an die Hand, den Gründen des Entstehens der Hornhautasymmetrie etwas näher zu kommen. In dieser Hinsicht ist auch Tabelle II äusserst instructiv, worauf an geeigneter Stelle näher eingegangen werden soll. Hier wollen wir nur kurz auf die thatsächlichen Verhältnisse aufmerksam machen. Das erste, was auffällt, ist die ganz ungleiche Vertheilung auf temporale und nasale Abweichungen 24 : 58. Lassen wir die wenigen Mittelstellungen (45°) ausser Betracht, so sehen wir ferner, dass bei temporal von den noch bleibenden 23 Augen 12 = 52,2 % auf 5—40° fallen, von den 53 nasalen aber nur 1 = 1,9 % und alle übrigen auf 50—85°.

Dieser Unterschied ist nur ein anderer Ausdruck für die Thatsache, dass im ersten Falle perverse, im letzten gewöhnliche Astigmatismen vorliegen und man sieht deshalb auch hier wieder deutlich die verschiedene Häufigkeit der beiden Arten in den verschiedenen Lebensabschnitten.

Gehen wir statt vom Meridian schwächster Krümmung von beiden Hauptmeridianen aus, d. h., denken wir uns die rechtwincklig gekreuzten Achsen auf das Auge gelegt, so kommen wir zu dem interessanten Schluss, dass in 76 Augen (die 6 Mittelstellungen bei 45° ausgeschlossen) die der wagrechten näher liegende Achse 64 mal (84,2 %,) nasal und nur 12 mal (15,8 %) temporal liegt. Eben dieser Umstand wird bei der Besprechung der Aetiologie des Astigmatismus von grosser Bedeutung sein.

ad III. Die überwiegende Mehrzahl aller Individuen zeigt auf beiden Seiten übereinstimmend wagrechte oder senkrechte Achsen (91 %). Dann kommt — enorm viel seltener, aber unter den Ausnahmen doch am häufigsten — die symmetrische Stellung zweier schiefen Achsen; etwas seltener combiniren sich eine wagrechte und eine schiefe, sehr viel seltener eine senkrechte und eine schiefe.

Individuen mit | auf dem einen Auge und — auf dem anderen sind 10 verzeichnet (= 1,5 %). Alle anderen Stellungen, so auch Parallelismus schiefer Achsen, sind wirklich Raritäten. (Vergleiche die subjective Achsenstellung im II. Theil!)

Auch nach Mauthner (16, p. 774) sind — und | seltene Ausnahme-

fälle. Ja, Pfalz (22) sagt gar, dass er in normalen Augen diese Art Meridianstellung nie gefunden habe.

Cheatham (23) theilte 1892 einige Fälle von hypermometrischem Astigmatismus mit, bei denen die Achse auf dem einen Auge wagrecht, auf dem anderen senkrecht war.*)

ad IV. Wie schon gesagt: allgemeiner Durchschnitt 0,71 D Hornhautastigmatismus, bei perversen Fällen etwas geringer, weil der perverse Astigmatismus bekanntlich in der Regel niederen Grades ist (0,59 D); sehr hoch bei schiefen Achsen (1,78 D). Uebereinstimmung in allen Altersklassen.

ad V. Auch hier zeigt sich übereinstimmend mit dem eben Gesagten regelmässig stärkerer Astigmatismus bei schiefen Achsen als bei — und | .

ad VI. In allen Altersklassen beeinflussen sich gegenseitig Meridianstellung und Grad des Astigmatismus, denn bei unsymmetrischen Achsen ist ein höherer Procentsatz der Individuen auf beiden Seiten ungleich stark astigmatisch.

Um die später zu erwähnenden, vielfach von unseren Angaben abweichenden Mittheilungen verschiedener Untersucher richtig würdigen und verstehen zu können, müssen wir noch mit einigen Worten auf die Achsenverhältnisse bei hochgradigem Astigmatismus eingehen. Wir haben ja soeben die Wahrnehmung gemacht, dass der Grad der Asymmetrie und abweichende Meridianstellung in einem Zusammenhang stehen müssen. Doch ziehen wir vor, diese Ausführungen im nächsten Capitel zu geben, das über einige Besonderheiten des hochgradigen Hornhautastigmatismus handeln wird.

V. Capitel.

Der hochgradige Hornhautastigmatismus.

Um einige Eigenthümlichkeiten der hohen Grade von Cornealasymmetrie etwas näher studiren zu können, stellten wir alle im Verlauf unserer Untersuchungen gefundenen Individuen zusammen, die wenigstens auf einem Auge einen Astigmatismus von > 2,0 D

*) Doch ist mir nicht bekannt, ob dabei ophthalmometrische Messungen zu Grunde gelegt sind. Wenn nicht, so beweist das für die Hauptmeridiane der Hornhaut noch nichts, denn wir werden später selbst Fälle mittheilen, in denen bei gleichen Hornhautmeridianen aber ungleichem Grad von Hornhautastigmatismus **subjectiv** eine Achse | die andere — war.

hatten. Ausserdem vermehrten wir ihre Zahl nicht unwesentlich durch alle in derselben Zeit in der Klinik oder Poliklinik von uns selbst genau gemessenen Fälle mit demselben Grade dieses Refractionsfehlers. Wir erhielten auf diese Weise die stattliche Zahl von 161 stark astigmatischen Individuen mit 322 Augen. Diese zeigten folgende Verhältnisse:

I. Beiderseits gleich;		29 Indiv.	58 Augen
II. Ungleich.	a) beide Augen > 2,0 D	53 „	106 „
	b) ein Auge > 2,0 D	79 „	79 „
	Zusammen	161 Indiv. und	243 Augen

mit mehr als 2,0 Dioptrien Hornhautastigmatismus.

Da ist erstens zu bemerken, dass von allen 161 Individuen nur 29 = 18% beiderseits den gleichen Grad des Fehlers zeigen, während wir doch mit Berücksichtigung aller Altersklassen etwa die Hälfte erwarten dürften. Diese Erscheinung wird sich noch oft zeigen und in mancher Form, und sie ist uns auch schon früher aufgefallen. Sie lässt sich kurz folgendermassen ausdrücken: Wenn ein Auge stark astigmatisch ist, so neigt es sehr zu Abweichungen auch anderer Qualitäten der Hornhautwölbung, sowohl bezüglich Hornhautrefraction, als Achsenstellung und Verhalten beider Auge desselben Individuums zu einander.

Wir geben vorerst eine Uebersicht über das weiter zu verwerthende Material:

Tabelle 1. Die 161 Individuen mit ein- oder doppelseitig hochgradigem Astigmatismus, geordnet nach Graden der Asymmetrie und gegenseitigem Verhalten derselben auf beiden Augen.

Grad	Doppelseitig gleich	Ungleich; beide > 2,0		Ungleich; nur ein Auge > 2,0		Total	
	> 2,0	stärker astigmatisch	schwächer astigmatisch	> 2,0	bis 2,0	> 2,0	$\overline{<}$ 2,0
0,25					1		1
0,5					6		6
0,75					12		12
1,0					8		8
1,25					11		11
1,5					21		21
1,75					14		14
2,0					6		6

Grad	Doppelseitig gleich	Ungleich; beide > 2,0		Ungleich; nur ein Auge > 2,0		Total	
	> 2,0	stärker astigmatisch	schwächer astigmatisch	> 2,0	bis 2,0	> 2,0	$\gtrless$ 2,0
							Vertheilung der hochgr. Astigmatismen nach Graden
2,25	2	—	3	14		19	116 = 47,7%
2,5	14	1	11	22		48	
2,75	10	5	7	8		30	
3,0	2	2	6	9		19	
3,25	8	5	10	3		26	89 = 36,6%
3,5	10	4	10	11		35	
3,75	—	9	1	4		14	
4,0	2	7	1	4		14	
4,25	—	6	—	1		7	19 = 7,8%
4,5	2	5	—	—		7	
4,75	—	—	1	—		1	
5	—	3	1	—		4	
5,25	—	—	—	—		—	19 = 7,8%
5,5	2	2	1	1		6	
5,75	—	1	1	—		2	
6,0	6	2	—	2		10	
6,25	—	1	—	—		1	
Total	58	53	53	79	79	243	79
						322	
Durchschnittl. Astigmatismus	3,41	4,0	3,16	2,99	1,29		
	3,35 D						

Wir entnehmen aus dieser Zusammenstellung:

1. Dass der durchschnittliche Astigmatismus aller beiderseitig gleichhochgradig deformirten Augen 3,41 D beträgt.

2. Dass bei den beiderseitig hochgradig aber in ungleichem Maass asymmetrischen Hornhäuten die Durchschnitte 4,0 und 3,16 D sind, also eine Differenz von 0,84 D besteht.

3. Dass bei den nur einseitig hochgradig astigmatischen Individuen der Durchschnitt auch für die pathologische Seite bedeutend geringer ist, nämlich 2,99 D.

4. Dass alle Augen mit > 2,0 D einen durchschnittlichen Astigmatismus von 3,35 D zeigen.

5. Dass der durchschnittliche Astigmatismus des nicht hochgradig deformirten Auges 1,29 D beträgt.

Dann geht ferner aus den Zahlen hervor, dass unter den Fällen von Astigmatismus > 2,0 wieder fast die Hälfte $\lesseqgtr$ 3,0 D (47,7%), ein gutes Drittel zwischen 3,25 und 4,0 und je 7,8% von 4,25 bis 5,0 und von 5,25 bis 6,25 D aufweisen.

Höhere Grade als 6,25 D fanden wir nie.

Wir kommen auf die obigen fünf Sätze zurück. Während also bei den doppelseitig stark astigmatischen Augen der Unterschied des stärker und des weniger betroffenen Auges 0,84 D beträgt (2), ist er bei den einseitig stark astigmatischen Augen 1,7 D (3 und 5). Das könnte den Gedanken erwecken, dass bei der

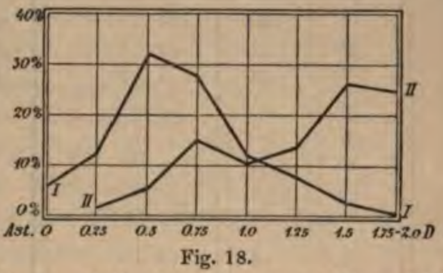


Fig. 18.

Vertheilung der Augen mit Hornhautastigmatismus bis zu 2,0 D nach Graden.
I. 852 Secundarschüleraugen.
II. 79 Augen bei Individuen mit Hornhautastigm. > 2,0 D auf dem anderen Auge.

letzten Gruppe wirklich nur das eine Auge pathologisch, das andere aber durchaus wohlgebildet ist. Es liegt ja auch ohnehin der Gedanke nahe genug, dass nicht immer oder auch nur gewöhnlich beide Augen missbildet sein müssen, welches auch die Aetiologie dieses Refractionsfehlers sein möge.

Nun ist demgegenüber gerade sehr auffallend, wie hoch der durchschnittliche Astigmatismus der nicht stark asymmetrischen Hornhaut ist (1,29 D) und wie sonderbar die Curve für diese 79 Augen von der allgemeinen Curve abweicht.

Betrachten wir Fig. 18 etwas näher. Die mit I bezeichnete Linie giebt die Verhältnisse wieder, wie sie aus dem Material I—IV hervorgingen. Die Grade > 2,0 D sind natürlich weggelassen worden. Curve II zeigt die Procentsätze für die einzelnen Viertels-Dioptrien bei den nicht stark astigmatischen Augen der bewussten 79 Individuen. Der Vergleich beider Linien ist sehr interessant.

Perverser Hornhautastigmatismus oder völliger Mangel jeder Asymmetrie kam überhaupt garnicht zur Beobachtung. Auch geringgradiger Astigmatismus ist noch recht spärlich, und mehr als die Hälfte aller Angaben fallen auf die direkt an hochgradigen Astigmatismus angrenzende Grade, d. h. mit anderen Worten: sowohl Durchschnitt als Curve haben eine ausgesprochene Tendenz nach oben und beweisen, dass, wenn ein Individuum einmal zu Astigmatismus neigt, meistens beide Augen betroffen werden, wenn auch häufig in ungleichem Maasse. Wir kommen bei der Besprechung der Heredität und der Aetiologie des Astigmatismus auf die Frage zurück.

Das Material lehrt uns noch mehr.

Es ist schon hervorgehoben worden, dass der Procentsatz der beiderseits ungleichen Augen beträchtlich grösser ist, als bei Augen, die ohne Rücksicht auf den Grad des Astigmatismus untersucht werden, und wenn wir ausserdem bedenken, dass immerhin der grösste Theil der hierher gehörigen Fälle jugendliche Individuen sind, so fällt das Verhältniss 29 gleich : 132 ungleich noch mehr auf. Die Differenz geht aber noch weiter; sie tritt nicht nur häufiger auf, sondern auch viel ausgesprochener. Während sie im allgemeinen für alle Fälle 0,19 D oder für die überhaupt differenten Fälle 0,49 D beträgt, steigt sie bei dem hochgradigen Astigmatismus auf 1,08, beziehungsweise 1,21 D.

Im einzelnen finden wir, wie erwartet werden darf, auch hier die meisten Fälle mit einem Unterschied von 0,25 bis 1,0 D. Allein auch zwischen > 1,0—2,0 D haben wir noch 39 Individuen und 22 zeigen gar eine Differenz von über 2,0 D. Die hochgradigsten Abweichungen, die uns je begegneten, sind 4,25, 4,75 und 5,25 D.

Der früher ausgeführte gegenseitige Einfluss von Unregelmässigkeit der Hornhautrefraction und des Hornhautastigmatismus tritt natürlich gerade am vorliegenden Material besonders deutlich hervor. Wir haben in der Tabelle 2 auf S. 88 einen klaren Ausdruck dafür.

Nun macht sich aber der Einfluss nicht nur insofern geltend, dass unter den hochgradigen Astigmatismen häufiger Differenzen der Hornhautkrümmung zu finden sind, sondern ebenso deutlich durch den Grad dieser Differenzen, wie durch ähnliche Ueberlegungen schon früher gezeigt wurde.

Während in der That im allgemeinen Unterschiede der minimalen Hornhautrefraction auf beiden Seiten von mehr als 0,5 D

Tabelle 2. Gegenseitige Abhängigkeit von ungleichem Hornhautastigmatismus und ungleicher Hornhautrefraction auf beiden Augen desselben Individuums.

Differenz im Astigmatismus	Hornhautrefraction gleich		Hornhautrefraction ungleich		Total	Durchschnittliche Differenz der Hornhautkrümmung beider Augen	
	Augen	%	%	Augen	Augen	I	II
0	20	**69**	31	9	29	0,42	0,13
0,25—0,5	18	**55**	45	15	33	0,38	0,17
0,75—1,0	13	34	**66**	25	38	0,57	0,37
1,25—2,0	7	18	**82**	32	39	0,73	0,6
2,25—3,0	0	—	**100**	16	16	1,17	
> 3,0 D	0	—	**100**	6	6	1,29	
	58			103	161		

I auf die differenten Fälle bezogen
II „ alle „ „

nur in 4,5% auftreten (s. S. 56), finden sich unter den hierher gehörigen 161 Augenpaaren solche Unterschiede 43 mal = 26,7%.

Das kann nur darauf bezogen werden, dass der Astigmatismus in vielen Fällen auch die minimale Hornhautrefraction verändert und dass diese deshalb nicht ohne weiteres als die normale und für das Auge gewissermassen charakteristische angesehen werden darf.

Wir wollen deshalb diese Frage noch einen Schritt weiter verfolgen. Von den 161 Individuen haben 94 eine Differenz der beiderseitigen minimalen Hornhautwölbung. Wie steht es aber mit der Differenz der Maxima der gleichen Individuen?

Wenn die ganze Gruppe eingetheilt wird in drei Abtheilungen, von denen die erste die grösste Differenz der Maxima, die dritte die grösste Differenz der Minima enthält und auf die zweite alle jene Fälle kommen, bei denen die Differenzen oben und unten gleich oder nahezu gleich sind (bis zu 0,25 D Abweichung), so ergiebt sich folgende Vertheilung:

1. 25 Fälle, 2. 48 Fälle, 3. 21 Fälle,

d. h. bei einer grossen Zahl aller hochgradigen Astigmatismen (ca. der Hälfte) lehnt sich entweder der Meridian schwächster oder derjenige stärkster Krümmung an den entsprechenden Meridian des anderen Auges an und fällt die Differenz hauptsächlich auf eine Seite, sodass angenommen werden muss, es sei wesentlich ein Meridian abnormal gekrümmt. In der anderen Hälfte der

Fälle scheint sich die Abweichung auf beide Meridiane ungefähr gleichmässig zu vertheilen.

Die drei folgenden Beispiele sollen für diejenigen, denen das Gebiet fremd ist, und denen deshalb die vorstehenden Auseinandersetzungen etwas schwer verständlich scheinen möchten, die Verhältnisse klar machen.

	Astigmatismus	Hornhautrefraction Differenz der Minima		Hornhautrefraction Differenz der Maxima	
I. Die grosse Differenz besteht zwischen den Maxima; es ist also wohl ein Meridian stärkster Krümmung der pathologische	od 3,0 os 1,0	41,75 42,0	0,25	44,75 43,0	1,75
II. Die Differenzen sind gleich	od 4,25 os 3,25	43,0 43,5	0,5	47,25 46,75	0,5
III. Die grössere Differ. besteht zwischen den Minima; es ist also wohl ein Meridian schwächster Krümmung der pathologische.	od 5,0 os 3,0	42,0 44,0	2,0	47,0 47,0	0

Im folgenden Capitel werden wir eine graphische Darstellung kennen lernen, aus der alles hier Behandelte recht einfach und leicht ersichtlich hervorgeht.

Es bleibt nun noch übrig, auf die speciellen Verhältnisse der Hauptmeridiane bei hochgradigem Astigmatismus einzugehen.

Vertheilung der 320*) Augen ohne Rücksicht auf den Astigmatismus.

— (wagrecht) 200 = 62,5 % (gegenüber 94,2 % im Allgem.)
/ 120 = 37,5 % („ 5,8 % „ „)

Dies allein könnte schon genügen, um den behaupteten Zusammenhang ausser Frage zu stellen und die Angaben vieler Autoren über die Häufigkeit schiefer Achsen bei Astigmatismus begreiflich zu machen. Wir wollen indessen nicht versäumen, noch etwas näher auf die interessante Frage einzugehen.

*) Wir finden hier in unseren Notizen einen Fehler, indem 322 zur Verfügung stehen sollten. Da indessen die 2 Augen die Resultate in keiner Weise beeinflussen können, so haben wir uns erlaubt, von einer Neuberechnung Umgang zu nehmen.

Es sind unter den 160 Individuen 40 verzeichnet mit einer schiefen Achse*) auf dem einen Auge und einer wagrechten auf dem anderen. Während nun nach früheren Angaben in mehr als der Hälfte aller Fälle der Astigmatismus auf beiden Augen gleich ist, so zeigen sich unter diesen 40 Augenpaaren ganz andere Verhältnisse, nämlich:

o.a. gleich 6 = 15%
ungleich 34 = **85%**.

Das beweist nun vorläufig erst, dass mit der Häufigkeit der Achsendifferenz auch diejenige der Verschiedenheit im Astigmatismus zunimmt. Die folgende Ueberlegung aber macht es klar und zweifellos, dass wirklich die Zunahme des Astigmatismus causal mit der Schiefstellung der Meridiane verknüpft sein muss. Es ist nämlich unter den 34 Augenpaaren mit ungleichem Astigmatismus nur 6 mal (17,7%) der grössere Astigmatismus mit der wagrechten Achse verbunden, dagegen 28 mal (82,3%) mit der schiefen, und es beträgt die durchschnittliche Hornhautasymmetrie

bei den 40 wagrechtachsigen Augen 2,2 D, dagegen
bei den 40 schiefachsigen „ 3,4 D.

Es lässt sich der Zusammenhang von Grad des Astigmatismus und Meridianstellung auch noch anders klar machen.

Wir theilen die 160 Individuen in 3 Gruppen ein:

1. mit gleichem Hornhautastigmatismus auf beiden Augen,
2. mit einer Differenz bis zu 2,0 D,
3. mit einer Differenz von mehr als 2,0 D.

Wenn nun wirklich das behauptete Verhältniss besteht, so müssen von Gruppe eins bis drei die Fälle mit asymmetrischer Achsenstellung beständig zunehmen. Das ist auch wirklich der Fall, wie folgende Zahlen deutlich genug beweisen:

Gruppe	Symmetrie der Meridiane		Asymmetrie der Meridiane	
	Fälle	%	%	Fälle
I. Keine Diff. auf beiden Augen	29	75,9	24,1	7
II. Differenz bis 2,0 D	108	64,8	35,1	38
III. Differenz > 2,0	23	39,1	60,9	14

*) Wo nichts anderes angegeben ist, bedeutet Achse oder Meridian schlechtweg immer Achse oder Meridian schwächster Krümmung.

Das hat Pfalz (22) schon im Jahre 1875 nachgewiesen: „Je grösser die Verschiedenheit des Astigmatismus beider Augen, um so zahlreicher asymmetrische Meridianlage.“

Nun sind bisher alle 320 Augen der 161 Personen berücksichtigt worden. Es befinden sich aber bei diesem Material 79 Individuen mit nur einseitig hochgradigem Astigmatismus. Lassen wir diese 79 Augen in Wegfall kommen, so bleiben noch 241 Augen mit Hornhautastigmatismus > 2,0 D. (Es sei noch bemerkt, dass von den ausgeschiedenen 79 Augen die Achse 62 mal — und nur 17 mal ⁄ war!)

Diese 241 zeigen nun folgende Achsenrichtungen:

— 138 Augen = 57,3% (gegenüber 94,2 im Allgemeinen)
⁄ 103 〃 = 42,7% (〃 5,8 〃 〃).

Die 103 schiefen Meridiane vertheilen sich folgendermassen:

	5°	10°	15°	20–40	45°	50–70	75°	80°	85°	Zusammen
nasal	—	—	—	—	—	12	19	28	21	80
temporal	—	2	—	—	1	—	8	5	7	23
	—	2	—	—	1	12	27	33	28	103

Nach früheren Auseinandersetzungen (Cap. IV) heisst das, dass 82 mal*) der der Wagrechten näher liegende Meridian nasal liegt (80,4%) und 20 mal temporal (19,6%).

Betrachten wir noch kurz das gegenseitige Verhältniss der Hauptmeridiane bei den 81 doppelseitig stark astigmatischen Individuen:

1. beiderseitig — . . . . 40 mal
2. ein Auge — , das andere nasal 12 } 17 mal
   〃 〃 — , 〃 〃 temporal 5 }
3. beide Augen nasal und symmetrisch 15 mal
4. 〃 〃 temporal und symmetrisch 0
5. 〃 〃 nasal aber nicht symmetrisch 6 mal
6. 〃 〃 temporal aber nicht symmetrisch 0
7. ein Auge temporal das andere nasal (||) 3 mal.

Die vorliegenden Zahlen sind nicht ohne Interesse. Das Auffallendste ist der gänzliche Mangel an Individuen mit temporalen Achsen auf beiden Augen, während beiderseitig nasale Achsen 21 mal vorkommen. Temporale Meridiane waren also immer einseitig und auf der anderen Seite mit wagrecht (5 mal) oder nasal

*) (nämlich 80 Fälle mit „nasal“ und 2 Fälle mit 10° „temporal“.)

(3 mal) verbunden. Die letzten drei Fälle zeigen vollständigen Parallelismus; es kommt also, wie es scheint, auch diese seltene Form bei hochgradigem Astigmatismus häufiger vor, als in normalen Augen.

Es sei noch erwähnt, dass in allen drei Fällen von parallelschiefen Achsen der Astigmatismus auf beiden Seiten ungleich war.

VI. Capitel.

Die Typen der Hornhautpaare.

Welches ist der pathologische Meridian bei Astigmatismus?

Es ist uns in den vorhergehenden Capiteln wiederholt aufgefallen, dass zwischen Hornhautrefraction und Hornhautastigmatismus innige Beziehungen bestehen. Wir behandelten jeweilen die Frage ganz allgemein, ohne auf Einzelheiten einzugehen. Nur im letzten Capitel wurde schon anticipando auf die Natur und Bedeutung dieser Beziehungen hingewiesen, indem es uns schien, als liessen sich verschiedene Arten der Abhängigkeit aufstellen, die auch geeignet wären, das Studium der **Aetiologie** der Hornhautasymmetrie zu fördern.

Die folgenden Zahlen, die sich auf die 441 Secundarschüler (I) beziehen, werden die Behauptung begründen, dass die Differenzen der minimalen Hornhautrefraction auf beiden Augen mit denjenigen der entsprechenden Astigmatismen in irgend einem Zusammenhang stehen müssen, denn es finden sich bei **gleicher Refraction** bedeutend mehr **gleiche Grade von Astigmatismus** als verschiedene und umgekehrt.

Bei 278 Individuen war die Minimal-Hornhautrefraction beiderseits gleich = 63 %, bei 163 Individuen war die Minimal-Hornhautrefraction beiderseits ungleich = 37 %.

Von den 278 Knaben mit gleicher Krümmung fanden sich 235 auch mit gleichem Hornhautastigmatismus = 84,5 % und nur 43 mit ungleichem Hornhautastigmatismus = 15,5 %.

Von den 163 Knaben mit ungleicher Krümmung hatten gleichen Hornhautastigmatismus 69 = 43,3 %, dagegen ungleichen Hornhautastigmatismus 94 = **57,7 %**.

Oder vom Astigmatismus ausgehend:

Bei 304 Knaben war der Hornhautastigmatismus beiderseits

gleich = 68,9%, bei 137 Knaben war der Hornhautastigmatismus beiderseits ungleich = 31,1%.

Von den ersten 304 hatten gleiche Hornhautrefraction 235 = 77,3%, und ungleiche Hornhautrefraction 69 = 22,7%.

Von den letzten 137 dagegen hatten gleiche Hornhautrefraction 43 = 31,4%, und ungleiche Hornhautrefraction 94 = **68,6%**.

Es geht aus diesen Zahlen nicht nur überhaupt ein Zusammenhang hervor, sondern es lässt sich derselbe schon dahin präcisiren, dass, da bei den Fällen von ungleichem Astigmatismus über zwei Dritttheile auch ungleiche minimale Hornhautkrümmung haben, diese letztere, die minimale Hornhautkrümmung, nicht ohne weiteres und in allen Fällen als Ausgangspunkt angenommen werden darf und dieselbe durchaus nicht immer die für das Auge gleichsam charakteristische Wölbung darstellt, sondern häufig durch den Astigmatismus alterirt wird.

Angesichts von Differenzen der einzelnen Meridiane von 5 und mehr Dioptrien lag ja die Frage nahe, welches denn eigentlich der normale Meridian sei, der senkrechte oder der wagrechte, oder ob nicht beide in gleicher Weise durch die Abnormität betroffen würden.

Man möchte vielleicht versucht sein in der Häufigkeit der Art des Astigmatismus — ob hypermetropisch oder myopisch — einen Schlüssel zu finden zur Lösung dieser Frage. Doch wäre dies eine grobe Täuschung. Die Art des Astigmatismus ist durchaus von der Gesammtrefraction abhängig zu machen; wie diese wechselt, so auch jene. Dabei bleibt aber selbstredend die Hornhaut unverändert. Man käme also dazu, für das gleiche Auge in verschiedenen Lebensabschnitten zuerst den verticalen und später den horizontalen Meridian als den richtigen zu betrachten.

Dagegen kann uns vielleicht eben das genauere Studium der Hornhautrefraction selbst eine Aufklärung geben. Zwar wissen wir ja, dass die Brechkraft der Cornea innerhalb weiter Grenzen schwanken kann. Es liesse sich also beispielsweise bei Maassen von 42,0 D im horizontalen und 44 D im verticalen Meridian durchaus der Schluss noch nicht ziehen, ob der eine oder andere abnorm gekrümmt wäre, denn beide weichen ja gleich viel vom Mittel ab. Aber auch bei 41,0 (minimal) 43 D, (maximal) einerseits und bei 43 und 45,0 D andererseits könnte eine schematische Erklärung, die dort den maximalen, hier den minimalen Meridian

als normal erklären wollte, noch durchaus unrichtig sein, denn wir haben ja nicht wenig Fälle gesehen, bei denen ohne wesentliche Hornhautasymmetrie noch grössere und noch kleinere Werthe vorkamen.

Wenn wir aber gar Fälle sehen, wie 39 und 43 (d. h. minimal 39,0 D, Astigmatismus 4,0 D, maximal 43,0 D) oder 46—50, so können wir uns der Versuchung nicht erwehren, dort den Meridian stärkster Krümmung als den normalen oder wenigstens normaleren anzusehen und hier denjenigen flachster Krümmung.

Es soll also versucht werden, aus dem Eingangs dieses Capitels Gesagten, den einzelnen auffälligen und geeigneten Beispielen und auch aus etwaigen Differenzen bei pathologischem Astigmatismus der nur ein Auge betroffen hatte, dem Sitz der Abnormität auf die Spur zu kommen.

Vorerst sei noch bemerkt, dass die Frage nach dem pathologischen Meridian schon vor langem gestellt und zu beantworten versucht wurde. So soll nach Donders (5 p. 418) gewöhnlich der horizontale Meridian flacher sein und der verticale etwas gewölbter als im normalen Auge, dieser letztere aber der Norm viel näher stehen. Wir werden sehen, dass solche Fälle jedenfalls vorkommen, wenn auch nicht so häufig.

Mauthner (16 p. 777) meint, dass der ametropische Meridian, also bei hypermetropischem Astigmatismus der schwächer, bei myopischem der stärker gewölbte pathologisch sei. Es ist schon mitgetheilt worden, dass und warum eine solche schematische Lösung der Frage nicht richtig sein kann.

In neuester Zeit hat sich Draper Speakmann (27) über die Frage ausgesprochen. Es macht sich die Sache allerdings recht leicht, indem er einfach folgendes behauptet: It may be interesting to note the fact that in an astigmatisme with the rule the vert. curvature corresponds to the proper curvature of an emmetropic eye, and that it is the horizontal meridian that is wrong.

Wir werden nachweisen, dass das Umgekehrte jedenfalls häufiger vorkommt.

Wenn die Sache sich so verhielte, wie Donders meint, dann müsste sich der Beweis leicht erbringen lassen. Man hätte nur für eine genügend grosse Zahl Augen ohne Astigmatismus und solche mit hohen Graden die Durchschnittsweite für maximale und minimale Brechkraft zu vergleichen.

Dabei dürften allerdings nicht Fälle aus der Praxis verwendet werden, denn da dieselben nach besonderen Gesichtspunkten sich auswählen — z. B. Asthenopie oder Sehschwäche — so könnten gerade ungewöhnlich viel mit Hypermetropie und Myopie com-

plicirte Fälle zur Verwendung kommen und so die mittlere Hornhautrefraction vielleicht von Factoren beeinflusst werden, die dem Astigmatismus selbst fremd sind. Wäre aber das Resultat ein negatives, d. h. würde weder das Minimum noch das Maximum des astigmatischen Auges zusammenfallen mit den entsprechenden Werthen für das astigmatismuslose, so dürfte daraus noch keineswegs geschlossen werden, dass weder der eine noch der andere Meridian normal sei, sondern beide ungefähr gleichviel abweichen, denn zwei gleiche Gruppen, eine mit normalem wagrechten, die andere mit normalem senkrechten Meridian müssten sich bei der Berechnung eines allgemeinen Mittels gegenseitig aufheben. Wir haben es selbst versucht auf diese Weise Aufschluss zu erlangen; es kam aber kein brauchbares Resultat zu stande. Die Ergebnisse der einzelnen Jahrgänge widersprechen sich vollständig. Es schien uns deshalb nothwendig, die Frage anders anzugreifen und statt einfache Durchschnittsberechnungen die einzelnen Fälle mehr zu würdigen und irgend ein leicht übersehbares und leicht verständliches Schema beider Augen aufzustellen, eine Formel zu geben, aus der sofort das gegenseitige Verhältniss jener Angaben ersehen werden könnte und die bis zu einem gewissen Grade einen Rückschluss gestattete auf den gesunden beziehungsweise abnormen Meridian.

Eine solche Formel, wenn auch nicht mit der klar ausgesprochenen gleichen Absicht ist von Javal (20 p. 129) schon aufgestellt worden.

Javal bezeichnet:

1. den Meridian schwächster Krümmung des linken Auges mit r c G
2. = = stärkster = = = = = R c G
3. = = schwächster = = rechten = = r c D
4. = = stärkster = = = = = R c D
5. den Astigmatismus des linken Auges mit As c G
6. = = = rechten = = As c D

und behauptet nun, dass, wenn $As\,c\,G > As\,c\,D$, dann $r\,c\,G < r\,c\,D < R\,c\,D < R\,c\,G$ sei und umgekehrt.

Es ist durchaus zutreffend, dass solche Fälle häufig vorkommen, allein es giebt denn doch eine sehr grosse Zahl von Ausnahmen, wie wir bald sehen werden. Wenn die Formel aber auch ganz allgemein giltig wäre, so kann man ihr den Vorwurf nicht ersparen, dass sie sehr wenig übersichtlich ist. Es ist in

der That nicht leicht, beim ersten Blick sich darüber eine irgendwie klare Vorstellung zu machen.

Darum waren wir bestrebt, zu einer entsprechenden und anschaulichen Darstellung zu gelangen und fanden eine solche in den von uns genannten »Typen der Hornhautpaare«.

Figur 19 enthält dieselben. Wir wollen sie vorerst kurz erklären und nachher untersuchen, was für Aufschlüsse wir auf Grund derselben erhalten.

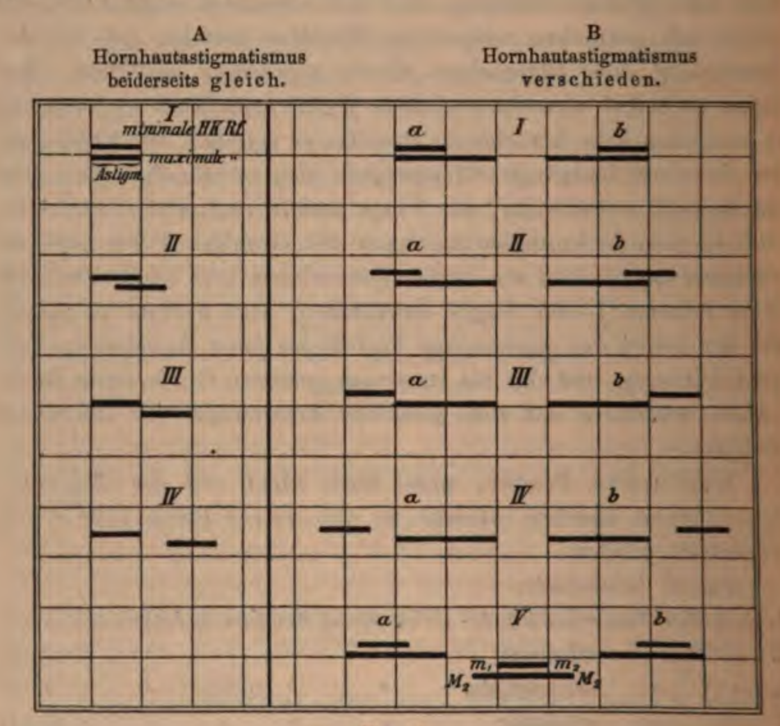


Fig. 19.
Die Typen der Hornhautpaare.

Das Princip ist folgendes: Man stellt den Astigmatismus eines Auges dar durch einen horizontalen Strich, dessen linkes Ende die minimale und dessen rechtes die maximale Hornhautkrümmung repräsentirt. Der Grund selbst ist in Vierteldioptrien eingetheilt. Wenn also beispielsweise die Angaben für ein bestimmtes Auge

min. Hornhautrefraction	Astigmatismus	max. Hornhautrefraction
42,75	0,75	43,5

lauten, so würde das durch eine Linie ausgedrückt, deren Länge eben drei (3 × 0,25) solcher Theilstriche hätte. Nun wird für das andere Auge ein ähnlicher Strich darunter gesetzt. Sind maximale und minimale Hornhautkrümmung gleich und folglich auch der Astigmatismus, so kommen beide Linien direkt übereinander zu liegen.

Nun haben wir uns einfach gefragt, wie viele und welche Abweichungen von diesem Normaltypus möglich seien und dieselben so auseinander entwickelt, wie man aus der Figur ersieht. Dabei haben wir die absoluten Werthe der Brechkraft ganz ausser Betracht gelassen, weil es ja nur auf das gegenseitige Verhältniss beider Augen ankommt.

Zunächst mussten die Fälle mit gleichem Astigmatismus geschieden werden von denen mit ungleichem. Die ersteren sind mit Typus A, die letzteren mit Typus B bezeichnet.

Unter A konnten sich nun die Verhältnisse finden, wie im obigen Beispiel: Typus A I., oder es konnte das Minimum des einen Auges zwischen die beiden Grenzen des anderen fallen: Typus A II., oder es war das Minimum auf einer Seite gleich dem Maximum auf der anderen: Typus A III., oder es wich endlich die Hornhautkrümmung des einen Auges so sehr von derjenigen des anderen ab, dass selbst zwischen dem Maximum des flacheren und dem Minimum des gewölbteren noch ein Unterschied bestand: Typus A IV.

Die ganz gleichen Unterscheidungen liessen sich nun aufstellen, wenn der Hornhautastigmatismus der beiden Augen voneinander differirte, nur mit der Erweiterung, dass die Maasse für das weniger asymmetrische Auge sich mehr an das Minimum oder aber mehr an das Maximum des stärker betroffenen Auges anlehnten. Ein Blick auf die Figur erklärt die Verhältnisse schneller, als viele Worte.

So ergab sich eine Reihe von neuen Typen, die wir folgendermassen bezeichneten:

Typus B I a und b
II a und b
III a und b
IV a und b.

Nun liess sich bei Gruppe B noch eine andere Anordnung denken. Es konnte nämlich sowohl Minimum als Maximum des

schwächer astigmatischen Auges zwischen die Grenzen der stärker betroffenen Fallen und zwar mit Anlehnung nach unten oder oben oder mit gleichen Abständen von beiden Seiten.

So erhielten wir endlich Typus B V a, b und c.*)

Wir wollen nicht unterlassen zu erwähnen, dass diese Eintheilung und Reihenfolge zum vornherein so aufgestellt wurden, ohne irgend welche Rücksicht auf die zu erwartenden Resultate, einfach so, wie sie sich uns aus einander zu entwickeln schienen.

Nun können wir uns schon allein aus der Betrachtung der verschiedenen Typendarstellungen und den bis jetzt in dieser Arbeit festgestellten Sätzen gewisse Muthmassungen machen. So ist z. B. in Hinsicht auf die ausgesprochene Tendenz der Natur, den beiden Augen möglichst gleiche Krümmungsverhältnisse zu verleihen, zum vorherein sehr wahrscheinlich, dass Typus A I sehr häufig sein wird, und dass die Häufigkeit der Fälle in jeder weiteren Stufe von A abnimmt.

Aus den gleichen Gründen ist ferner anzunehmen, dass unter B die Typen I verhältnissmässig häufiger sein werden als die Typen II, III und IV.

Dann lässt sich für die Beispiele, die unter B V fallen, voraussagen, dass wir da häufig Augenpaare mit grossen Differenzen der Hornhautasymmetrie treffen werden, weil bei dem langen Strich für das stark astigmatische Auge gerade da ungewöhnliche Differenzen der Hornhautkrümmung nöthig wären, um den Strich des besseren Auges aus dem Bereiche desjenigen des schlechteren hinwegzurücken.

Wenn wir bei einem der Fälle unter B V die minimale Krümmung des schwächer astigmatischen Auges mit m_1*) und die maximale mit M_1 bezeichnen und entsprechend die Enden des Striches für das stark asymmetrische Auge mit m_2 und M_2, so kommen wir zu folgender Formel: $m_2 < m_1 < M_1 < M_2$. Man sieht sofort ein, dass das nichts anderes ist, als die Javal'sche Formel und man findet den Grund, warum Javal zur Aufstellung derselben kam, eben darin, dass er offenbar in erster Linie von

*) Es ist leider in Fig. 19 eine Unrichtigkeit stehen geblieben, die corrigirt werden soll. Unter V soll der erste Typus mit a, der letzte mit c und der mittlere mit b bezeichnet sein. Zudem sind die Minima mit m_1 und m_2, die Maxima mit M_1 und M_2 zu bezeichnen, statt mit m_1 und M_2 beziehungsweise m_2 und M_2.

Augen ausging mit hochgradigem und gleichzeitig mehr oder weniger stark differentem Astigmatismus.

So liesse sich noch manches deduciren. Doch können wir das alles viel einfacher und überzeugender aus der Vertheilung der einzelnen Fälle nach den verschiedenen Typen und Typengruppen ersehen.

Wir lassen deshalb diese Vertheilung folgen.

Tabelle 1. Vertheilung von 438 Individuen (I*) nach Typen.

Typus A.

	I.	II.	III.	IV.
	231	37	21	13
%	52,7	8,4	4,8	3,0

68,9%.

Typus B.

	I.	II.	III.	IV.	V.
a)	41	24	7	4	a) 4 = 0,9%
%	9,4	5,5	1,6	0,9	b) 6 = 1,4%
b)	27	17	2	2	c) 2 = 0,5%
	6,2	3,9	0,5	0,5	

31,3%.

Nun dürfen selbstverständlich in ihrer relativen Häufigkeit nur gleichartige Typen verglichen werden, also alle unter A, alle unter Ba, alle unter Bb und diejenigen unter BV.

Wir wollen sie noch einmal dementsprechend zusammenstellen:

	I.	II.	III.	IV.
A	52,7	8,4	4,8	3,0
Ba	9,4	5,5	1,6	0,9
Bb	6,2	3,9	0,5	0,5

	a	b	c
BV	0,9	1,4	0,5

d. h.: eine logisch geordnete Aufstellung der einzelnen Typen und Typengruppen schliesst ohne weiteres auch schon die Reihenfolge in sich, die der Häufigkeit der einzelnen Typen entspricht.

Nun möchte man vielleicht fragen, warum wir so ausserordentlich wenig Fälle mit BV gefunden haben, während doch

*) 3 fallen weg, weil sie gemischt-achsig sind, d. h. weil der Meridian schwächster Krümmung in einem Auge — im anderen | steht, Minima und Maxima also nicht ohne weiteres verglichen werden können.

Javal überhaupt nur diesen Typus aufstellte, denn demselben entspricht eben seine Formel.

Die Antwort ist recht einfach. Er ging von pathologischem, wir von normalem Material aus; bei ihm mussten die hierher gehörenden Fälle daher sehr häufig sein, bei uns selten. Um die beiden Resultate einigermassen vergleichbar zu machen, müssen wir in aller erster Linie alle Individuen mit beiderseitig gleichem Astigmatismus weglassen und die Verhältnisszahlen auf die restirenden umrechnen. Es fallen nun im Ganzen 136 Individuen unter B, davon gehören 12 zu den Typen V = 8,8 %.

Aber auch das kann noch nicht genügen.

Wir müssten auch die Fälle mit ganz geringem Astigmatismus und ganz geringen Unterschieden weglassen. Denn es liegt auf der Hand, dass Javal zur Aufstellung seiner Formel derartige Fälle nicht benutzte. Wir aber rechneten bis jetzt auch Individuen mit, die beispielsweise folgende Verhältnisse zeigten:

od	0	42,5	oder	od	0,5	44,0
os	0,25	42,5		os	0,25	44,25.

Nun ist ja einleuchtend, dass, da unsere Aufzeichnung als minimale Differenz 0,25 D haben können, solche Fälle zum vornherein nie zu den Typen BV gelangen könnten. Von den 136 Augen mit differentem Hornhautastigmatismus haben 98 eine solche Differenz von nur 0,25 D. Lassen wir also dieselben weg. Dann bleiben noch 38, davon 12 dem Typus BV zugehörend (= 31,6 %). Man sieht, dass die Javal'sche Formel zusehends an Werth gewinnt. Nun sind aber noch lange nicht alle Fälle ausgeschieden, die es sein müssten. Wir haben bis jetzt erst kleine Differenzen ausgemerzt, ohne Rücksicht auf den Grad des Astigmatismus. Es müssen also unter diesen Fällen noch manche sein, die Javal nicht berücksichtigte. In der That wird er sich um Beispiele, wie die folgenden, nicht gekümmert haben:

od	0	oder	od	0,25
os	0,5		os	0,75.

Wollten wir schliesslich auf diese Weise aus unserem Material wirklich das pathologische auslesen, dann kämen wir auch in den Fall, die Javal'sche Formel sehr häufig bestätigt zu finden: Wir werden hierauf zurückkommen.

Es giebt noch einen recht einfachen Weg, das bis jetzt Behauptete nachzuweisen, dass nämlich Differenzen des Astigmatismus

der beiden Augen und Grad derselben für die Zugehörigkeit zu den Typengruppen nicht gleichgiltig sind. In der That beträgt für Typus B I—IV der durchschnittliche Astigmatismus 0,75 D, die Differenz beider Augen ca. 0,3 D, für Typus V aber **1,46** D und **1,1** D.

Wir führten diese successive Annäherung an die Javal'sche Formel darum so weitläufig aus, um zu zeigen, wie vorsichtig man sein muss in der Vergleichung von Resultaten, die aus ganz ungleicher Fragestellung hervorgegangen sind.

Wir haben bis jetzt eine Reihe von Factoren kennen gelernt, die den Typus eines Hornhautpaares beeinflussen. Es ist aber noch nicht erörtert worden, wie es kommt, dass gewisse Hornhäute zu den Typen Ba und andere zu Bb gelangen und was die Zugehörigkeit zu a, b und c von BV bedingt. Der Grund ist leicht einzusehen. Typus BI a und b stellen uns denselben schematisch dar: bei gewissen Augen stimmen die Minima überein und der stärkere Astigmatismus des einen Auges fällt also wahrscheinlich auf Rechnung einer stärkeren Krümmung des Meridians mit grösserer Brechkraft, also des senkrechten; bei anderen Augen ist das Umgekehrte der Fall. Wie unter Typus A die Differenzen II, III und IV vorkommen, so können sich diese nun auch mit den Grundtypen von B combiniren und führen zu aII, aIII, aIV und bII u. s. w., die jeweilen den Charakter von a oder b wiedergeben.

Und BV a, b und c zeigen ganz einfach, dass nicht nur diese beiden Gruppen vorkommen, sondern noch eine dritte, deren Eigenthümlichkeit die ist, dass im stärker astigmatischen Auge weder der senkrechte noch der wagrechte Meridian normal geblieben ist, sondern auf jeden ein Theil der Anomalie abfällt.

Wir haben also in der Häufigkeit der einzelnen Typengruppen eine Wegleitung, die uns zur Beantwortung der Eingangs dieses Capitels gestellten Frage führt: »welcher Meridian ist der abnorme?« Allein der Umstand, dass Verschiedenheiten auch bei gleicher Hornhautkrümmung vorkommen (Typen A II, III und IV), mahnt uns zur Vorsicht und legt uns wenigstens die Beschränkung auf, nur dann einen Schluss zu ziehen im einzelnen Falle, wenn die Differenzen auffällig sind.

Nun haben wir, um gewisse Eigenthümlichkeiten des stark astigmatischen Auges genauer studiren zu können, schon früher derartige Fälle zusammengestellt und es soll an diesem Material noch gezeigt werden, wie sich die Häufigkeit der Typen verhält.

Tabelle 2. Vertheilung von 161 Individuen mit wenigstens auf einem Auge mehr als 2,0 D Hornhaut-astigmatismus nach den Typen.

Typus A.

	I.	II.	III.	IV.
	21	8	—	—
%	13	5		

29
18%.

Typus B.

	I.	II.	III.	IV.
a)	38	5	1	—
	23,6%	3,1%	0,6%	

44
27,3%

	I.	II.	III.	IV.
b)	9	6	—	—
	5,6%	3,7%		

15
9,3%.

Typus BV.	a	b	c
	39	12	22
	24,2%	7,5%	13,6%

73
35,3%.

Das sieht nun wesentlich anders aus, als die Vertheilung auf Tabelle 1! In erster Linie fällt auf, wie gering der Procentsatz der Augen mit gleichem Astigmatismus ist: 18% statt 68,9%. Das hängt von der früher erörterten Thatsache ab, dass, wenn Augen stärkeren Astigmatismus aufweisen, also überhaupt einmal von der Norm abweichen, auch die begleitenden Erscheinungen unconstanter werden. Wir treffen dann mehr Differenzen der Hornhautrefraction, des Hornhautastigmatismus, der Meridianstellung u. s. w. Das ist also nur ein neuer Ausdruck für schon Erwiesenes und kann uns hier nicht weiter beschäftigen. Dagegen verdient der Umstand eine besondere Erwähnung, dass für alle Typen III und IV (A, Ba, Bb) zusammen ein einziger Ver-

treter vorhanden ist, während oben 11,3 % der Fälle dahin gehörten. Die Erklärung ist nicht schwierig. Wir sagten früher, dass jene Typen im Allgemeinen selten seien, weil sie eine grosse Differenz der Hornhautrefraction beider Augen voraussetze, was ja der Natur zuwider ist. Nun müssen aber, wie man leicht einsieht, diese Differenzen um so grösser sein, je erheblicher der Astigmatismus ist. Der fast gänzliche Mangel solcher Fälle kann uns also nicht befremden.

Es lässt sich auch leicht die Richtigkeit dieser Annahme erproben. Nehmen wir aus Material II die 78 Individuen heraus mit Astigmatismus 0 oder 0,25 auf wenigstens einem Auge, so entfallen 19 Fälle = 24 % auf die Typen III und IV. Der geringe Astigmatismus erleichtert also sehr das Entstehen dieser Typen, da eben die Verschiedenheit der beiderseitigen Hornhautkrümmung dabei nicht sehr gross sein muss.

Zweitens ist bemerkenswerth das Vorwiegen der Typen Ba über Bb. Wir werden darauf zurückkommen.

Drittens endlich fällt die Häufigkeit der Typen BV auf. Da wir vorläufig keine anderen Gesichtspunkte berücksichtigen, als den Grad des Astigmatismus, so darf daraus wieder mit Sicherheit geschlossen werden, dass dieser die Vertheilung nach Typen ausserordentlich beeinflusst. Wenn wir nun nach diesen neuen Erfahrungen noch einmal die Giltigkeit der Javal'schen Formel prüfen und zudem ergründen wollen, welches der abnorme Meridian sein möchte, so müssen wir in erster Linie ganz selbstverständlich alle Fälle ohne Differenz des Astigmatismus weglassen; aber das Gleiche muss auch geschehen mit allen Differenzen von 0,25 und 0,5 D, aus den angeführten Gründen. Es können in der That nur verhältnissmässig grosse Abweichungen beweisend sein, denn kleine kommen ja auch bei Augen mit geringem Astigmatismus häufig vor und können gewiss gelegentlich auf Beobachtungsfehlern beruhen (vergl. auch den bei guter Untersuchung möglichen Fehler Capitel IV).

Es würden also noch alle Fälle von wenigstens einseitig hochgradigem Astigmatismus und wenigstens 0,75 D Differenz auf beiden Seiten verbleiben. Dabei zeigt sich folgende Vertheilung (da es zufälligerweise genau 100 Fälle sind, entsprechen die absoluten Zahlen auch den Procenten):

Tabelle 3. Typus B.

	I.	II.	III.	IV.		V.	
a)	21	1	1	—	a)	39	
b)	3	4	—	—	b)	9	70
		30			c)	22	

Demgegenüber bemerken wir, dass von allen Individuen mit Differenz des Astigmatismus von 0,25 und 0,5 D gut 90% auf Ba und b und nicht ganz 10% auf B Va, b und c entfallen.

Treiben wir die Ausscheidung noch weiter und lassen wir nur Differenzen zu, die 1,0 D übersteigen, so bekommen wir folgende Zahlen:

Tabelle 4. Typus B.

	I.	II.	III.	IV.		V.	
a)	7	1	1	—	a)	31	
b)	1	1	—	—	b)	3	52 = 83%
		11 = 17%			c)	18	

Es geht also aus diesen Untersuchungen unzweifelhaft hervor, dass bei hochgradigem Astigmatismus, der auf beiden Augen verschieden ist, um so häufiger die Javal'sche Formel zutrifft, je grösser die Differenz ist und dass man sie als für grosse Differenzen in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle bewahrheitet finden wird.

Es ergiebt sich aber auch, und das macht den Werth dieser Untersuchungen aus, die Thatsache, dass auf die Frage nach dem abnormen Meridian im Allgemeinen eine positive Antwort gegeben werden kann, die sich wohl auch häufig auf den einzelnen Fall anwenden lässt und die wir folgendermassen formuliren wollen:

Wenn der Astigmatismus zweier Augen eine erhebliche Differenz zeigt, so fällt das **Mehr** von Astigmatismus am häufigsten auf Rechnung des **stärker gekrümmten Meridians** (also gewöhnlich des senkrechten) (Typen Ba und BVa), weniger häufig auf diejenige des **flachen** (Typen Bb und BVc), viel seltener scheinen **beide Meridiane** in gleicher Weise betroffen zu sein (Typen BVb). Dazu kommt, dass, je grösser die Differenz ist, auch bei den ersten beiden Gruppen der als normal bezeichnete Meridian um so mehr die Tendenz zeigt, auch etwas zur Anomalie beizutragen (Abnahme der Typen Ba und Bb zu Gunsten von BVa und c).

Eine Bemerkung ist vielleicht am Platze. Wir wollten die Frage nicht noch mehr compliciren, sonst hätten wir offenbar für Typus B Vb viel mehr Beispiele gefunden, denn es wären strenge genommen die Fälle mit Differenzen von $^1/_4$, $^3/_4$, $^5/_4$ D u. s. w. auszuscheiden gewesen, oder sie hätten jedenfalls in anderer Weise auf die Typen Va, b und c vertheilt werden müssen. Wir hatten nämlich für BVb absolut gleiche Entfernung von Maximum und Minimum des anderen Auges verlangt, eine Bedingung, die ja, eben in Folge der angenommenen Einheit von 0,25 D, aus rein

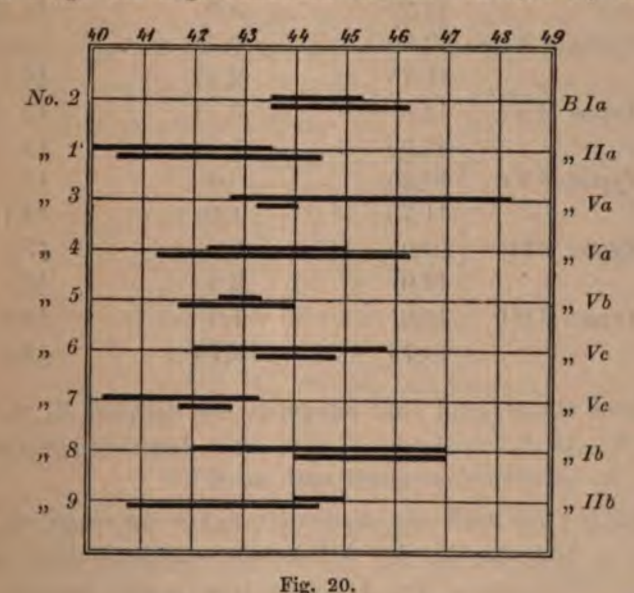


Fig. 20.
Beispiele zu den einzelnen Typen.
(Der obere Strich bezieht sich auf das rechte, der untere auf das linke Auge.)

äusserlichen Gründen bei Differenzen von ungeraden Vierteln einer Dioptrie nicht erfüllt werden konnte. Es wurde also die Häufigkeit der wenigstens ungefähr gleichen Betheiligung beider Meridiane wohl etwas zu tief angesetzt. Wir bemerken, dass diese Forderung einer absoluten Gleichheit um so eher zu Missgriffen Veranlassung geben könnte, je bedeutender die Differenz des Astigmatismus beider Augen ist, wie ein Blick auf die graphische Darstellung der Beispiele 4 und 6 in Fig. 20 lehrt, die der Form nach zu BVa und c, dem Sinne nach aber zu BVb gehören.

Beispiele zu den einzelnen Typen (s. Fig. 20).

	Minimale Hornhautrefraction	Astigmatismus	Maximale Hornhautrefraction
1. Typus B IIa	40,0	3,5	43,5
	40,5	4,0	44,5
2. Typus B Ia	43,5	1,75	45,25
	43,5	2,75	46,25
3. Typus B Va	42,75	5,5	48,25
	43,25	0,75	44,0
4. Typus B Va	42,25	2,75	45,0
	41,25	5,0	46,25
5. Typus B Vb	42,5	0,75	43,25
	41,75	2,25	44,0
6. Typus B Vc	42,0	3,75	45,75
	43,25	1,5	44,75
7. Typus B Vc	40,25	3,0	43,25
	41,75	1,0	42,75
8. Typus B Ib	42,0	5,0	47,0
	44,0	3,0	47,0
9. Typus B IIb	44,0	1,0	45,0
	40,75	3,75	44,5.

Recht überzeugend sind besonders die Beispiele 3, 4, 5, 6, 8 und 9. Bezüglich 4 und 6 wird man begreifen, warum wir sagten, sie gehören dem Sinne nach zu B Vb.

Welches nun auch die relative Häufigkeit der einzelnen Typen sei, eines geht nur aus den Auseinandersetzungen sicher hervor: dass bei Differenzen des Astigmatismus bald der eine, bald der andere Meridian mehr betroffen ist, bald aber auch beide ungefähr gleichviel von der Norm abweichen.

Nun möchten wir aber auch gerne wissen, wie sich die Dinge bei jenen Fällen verhalten, die beiderseits gleichen oder annähernd gleichen Astigmatismus haben. Da helfen uns die Typen nicht über die Schwierigkeit hinweg und wir müssen versuchen, auf andere Weise zum Ziele zu kommen.

Wenn es Fälle giebt, bei denen gewissermassen der minimale Meridian der gesunde und der maximale der pathologische ist und andere mit dem umgekehrten Verhältniss, so muss sich dies in der Curve geltend machen, die der Häufigkeit der einzelnen Gruppen der Hornhautrefraction Ausdruck giebt (s. III. Capitel), denn es ist

klar, dass im letzten Falle die zur Aufstellung der Curve verwendete minimale Refraction sehr herabgedrückt wird.

Es ergiebt sich folgendes Bild:

Hornhautrefract.	bis 40 D	>40—41	>41—42	>42—43	>43—44	>44	
Augen	4	14	14	8	14	4	58
%	6,9	24,1	24,1	13,8	24,1	6,9.	

Durchschnittlicher Astigmatismus **3,41** D,
durchschnittliche minimale Hornhautrefraction **42,17** D.

Es soll nun gerne zugestanden werden, dass 58 Augen zur Aufstellung einer Curve etwas wenig sind, denn wir haben ja wiederholt gesehen, wie gross die Differenzen bei einer kleinen Gruppe von Hornhäuten sein können. Der Umstand aber, dass bei allen Curven am meisten Augen mit 42—43 D zur Beobachtung

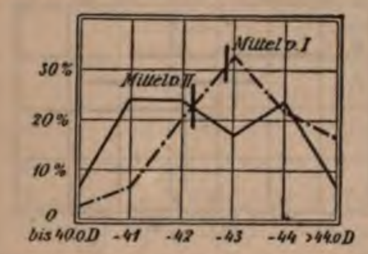


Fig. 21.
Minimale Hornhautkrümmung im Allgemeinen (.—.—.) und bei hochgradigem Astigmatismus (—).

kommen, hier aber entschieden weniger, und dass ferner bei 40—41 D ein ganz schneller Aufstieg der Curve eintritt, lässt doch eher an einen tieferen Grund denken, als an Zufall.

Wir haben häufig mit allem Nachdruck betont, dass die mittlere Hornhautrefraction (ca. 43,0 D) nicht nur ein arithmetisches, sondern gleichsam ein physiologisches Mittel sei, indem ein sehr grosser Theil der Fälle sich von dem Mittel nur wenig entferne und zwar gleichmässig nach beiden Seiten. So entfallen z. B. bei Material I von 882 Augen 425 = 48% in die nächste Nähe des Mittels (42,89 D); 432 über dasselbe und 450 darunter. Anders hier, wie eine Vergleichung der beiden Curven klar vor Augen führt (s. Fig. 21). Gerade da, wo die normale Curve culminirt, fällt die andere auffallend tief, während sie zwei andere Culminationspunkte zeigt: einen bei 41/42, den anderen bei 44 D. Die mittlere Hornhautrefraction von 42,17 ist also jedenfalls kein

physiologischer Mittelwerth und es scheint aus der Curve mit grosser Wahrscheinlichkeit hervorzugehen, dass wenigstens zwei Gruppen von Hornhäuten bestehen: eine mit sehr niedriger, eine andere mit hoher minimaler Hornhautrefraction. Zum tieferen Verständniss dieses niedrigen Durchschnittes von 42,17 D gelangen wir also durch die einfache Berechnung desselben noch lange nicht. Wohl aber gewährt uns die Scheidung der ganzen Gruppe von 58 Augenpaaren in eine solche mit niedriger und eine zweite mit hoher minimaler Wölbung einen Einblick in die Ursache dieser Abweichung von der Normalcurve.

Es sollen, in Anlehnung an die Typen in Fig. 19, die Verhältnisse graphisch veranschaulicht werden: s. Fig. 22. Die

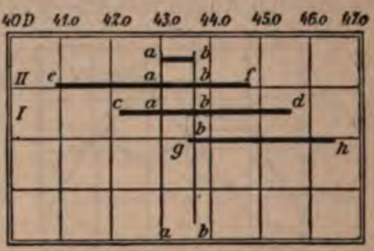


Fig. 22.*)
Minimale und maximale Hornhautrefraction im Allgemeinen (a b) bei hochgradigem Astigmatismus (I. II. III.).

beiden senkrechten Linien bei 43,0 und 43,70 stellen die minimale und maximale Hornhautkrümmung dar, wie sie als Norm angesehen werden können. Die Differenz ist der mittlere Hornhautastigmatismus.

Zeichnen wir nun in die Figur die mittleren Zahlen für Minima und Maxima bei allen 58 Augen ein, so erhalten wir die Linie I. Sie zeigt uns, dass das Minimum tiefer liegt als in der Norm (um ca), dass aber die Abweichung des Maximums vom normalen beträchtlicher ist (bd). Ob nun aber alle einzelnen Fälle diesen Charakter der Abweichung tragen, geht aus der Zeichnung noch nicht hervor.

Werden nun die Individuen mit niedriger minimaler Hornhautrefraction in eine Gruppe abgeschieden und die anderen in eine zweite, so ergeben sich die durch die Linien II und III dargestellten Minima und Maxima.

*) Der unterste Strich (gh) ist mit III zu bezeichnen.

Aus II geht hervor, dass in gewissen Fällen der Astigmatismus wahrscheinlich zum grossen Theil auf eine Abflachung des wagrechten Meridians zurückzuführen ist, während III schlagend zeigt, dass in anderen Fällen eine zu starke Wölbung des senkrechten Meridians verantwortlich zu machen ist. Es wurde oben gezeigt, wie neben diesen beiden Gruppen noch eine dritte besteht, bei der die fehlerhafte Krümmung ungefähr gleichmässig auf Rechnung beider Meridiane zu setzen ist.

So wird es wahrscheinlich auch hier sein und darauf führe ich es zurück, dass das Minimum für II so hoch liegt, denn in dieser Gruppe stecken offenbar manche dieser mittleren Fälle.

Es scheint also auch aus diesen Ueberlegungen hervorzugehen, wie aus früheren, dass nicht immer nur der wagrechte, oder der senkrechte, oder beide Meridiane den Astigmatismus allein verschulden, sondern dass alle drei Möglichkeiten beobachtet werden.

Die Wichtigkeit dieser Erkenntniss liegt in der Grundlage die dadurch zur Beurtheilung der Aetiologie des Astigmatismus geschaffen wird (vergl. den II. Theil).

Die folgenden drei Beispiele sind typisch für die drei Gruppen, obwohl ja selbstredend im einzelnen Falle immer die Einwendung gemacht werden kann, es seien eben an und für sich, auch ganz abgesehen vom Astigmatismus, ungewöhnliche Fälle.

	Hornhautrefraction, minimale	mittlere	maximale	Astigmatismus
1. L. R., 12 Jahre	od 38,5	41,25	**44,0**	5,5
	os 38,75	41,5	**44,25**	5,0
2. L. D., 12 Jahre	od 40,0	**43,0**	46,0	6,0
	os 40,0	**43,0**	46,0	6,0
3. L. H., 8 Jahre	od **43,5**	45,75	48,0	4,5
	os **43,5**	45,75	48,0	4,5.

Die wahrscheinlich ursprüngliche Refraction ist jeweilen hervorgehoben.

38,5 D (Fall 1) und 48,0 D (Fall 3) sind durchaus ungewöhnliche und äusserst selten zu beobachtende Krümmungen.

Zu Fall 2 sei Folgendes bemerkt:

L. D. ist ein gesundes Kind von 12 Jahren. Eltern und Geschwister nicht augenleidend (kurzsichtig oder anderweitig). Erziehung und alle äusseren Lebensbedingungen die denkbar günstigsten. Das Mädchen ist Amerikanerin.

Die Refractionsprüfung ergiebt einen Astigmatismus mixtus auf beiden Seiten:

$$\left.\begin{array}{l} +\ 4{,}5\ D\ \mid \\ -\ 2{,}5\ D\ - \end{array}\right\}\ 7{,}0\ D\ \text{Astigmatismus*)}.$$

Aus Gläsern, die das Kind etwa 2—3 Jahre früher in Chicago erhielt, geht hervor, dass der Zustand schon lange ziemlich unverändert besteht.

Es ergiebt sich weder aus der Anamnese noch der objectiven Untersuchung irgend ein Anhaltspunkt zur Annahme einer wirklichen Myopie, die etwa geeignet wäre, den ursprünglich hypermetropischen Astigmatismus allmählich in einen myopischen überzuführen. Wenn wir nun diese Minima und Maxima in Betracht ziehen und ferner das Alter des Kindes und den vorliegenden objectiven und subjectiven Refractionszustand: Astigmatismus mixtus, so können wir uns des Gedankens nicht erwehren, es möchte sich um einen jener Fälle handeln mit ganz richtiger, für die mittlere Hornhautkrümmung passender Achsenlänge, bei der aber die Gesammtrefraction bestimmt wird:

1. Durch einen dem Alter entsprechenden Grad von Hypermetropie (ca. 1—1,5 D),
2. durch eine Krümmungshypermetropie im wagrechten und
3. „ „ „ -myopie im senkrechten Meridian.

Diese Anschauung wird im folgenden Capitel noch eine wesentliche Stütze finden.

VII. Capitel.

Die Heredität in den Krümmungsverhältnissen der Hornhaut.

Bei irgend welchen körperlichen Fehlern, die, angeboren oder wenigstens schon frühzeitig zur Beobachtung gekommen, sich nicht auf einen bekannten pathologischen Process zurückführen lassen und dabei häufig und mit grosser Gleichartigkeit aufzutreten pflegen, ist man geneigt, den letzten Grund nicht im Individuum selbst zu suchen, sondern weiter zurückzugreifen auf die Familie, ja auf die Gattung.

---

*) Ueber die Differenz von objectivem und subjectivem Astigmatismus s. II. Theil.

Wenn nun, wie bei dem Hornhautastigmatismus, der Fehler überhaupt die Regel ist und die lästigen und schädlichen höchsten Grade sich von den »normalen« nur durch die Intensität unterscheiden und dazwischen alle möglichen Uebergänge vorkommen, so müssen wir ohne weiteres darauf geführt werden, die hierher gehörigen Formen von Astigmatismus nicht auf irgend eine Krankheit des Individuums zurückführen zu wollen, sondern auf Bedingungen, die immer oder fast immer vorhanden sind, aber in ihrem Grade wesentlich variiren. Zwar will ich nicht behaupten, dass variable Eigenschaften sich von der Norm nicht so weit entfernen können, dass sie nicht einmal als pathologisch zu bezeichnen wären. Eine Grenze dürfte eben schwer zu ziehen sein. Es entscheidet eben auch nicht einfach der Grad der Abweichung; Alter, eventuelle Ursachen und begleitende Nebenumstände dürfen nicht übersehen werden.

Ein Beispiel wird den Gedanken klarer machen. Es lässt sich recht wohl denken, dass der intraoculäre Druck für die Hornhautkrümmung nicht ohne Einfluss ist; ja es ist experimentell an Thieren und klinisch am Menschen nachgewiesen worden, dass ein solcher Einfluss wirklich besteht. Wenn wir nun z. B. einerseits bei Glaucom, andererseits bei beginnender Phthisis bulbi Veränderungen der Hornhautwölbung beobachten, so dürfen wir nicht vergessen, dass es sich im allgemeinen um ältere Personen handelt, mit ausgewachsenen Augenhäuten, die einen Grad der Festigkeit erlangt haben, wie ihn die bläulich durchscheinende Sklera der kleinen Kinder noch nicht hat. Nun wissen wir, dass auch unter normalen Verhältnissen ziemlich bedeutende Tensionsschwankungen vorkommen.

Wir haben also folgende zwei Prämissen: 1. grosse Tensionsschwankungen können bei Erwachsenen die Hornhautkrümmung beeinflussen und 2. kleine Schwankungen sind normal.

Setzen wir nun diesen letzteren äusserst empfindliche Augenhäute aus, d. h. menschliche Wesen in der Entwickelung und in den ersten Zeiten des extrauterinen Lebens, so lässt sich ein ähnlicher Einfluss recht wohl denken. Es würde sich vorerst nur fragen, ob ähnliche Druckschwankungen auch schon in jener Lebensperiode vorkommen. Das lässt sich für ganz kleine Kinder wohl annehmen. Wir wissen, dass die Verhältnisse des Gefässsystems mithelfen den intraocularen Druck zu bestimmen, dass

vor allem auch der Blutdruck eine Rolle spielt. Das sind nun Verhältnisse, die auch beim Säugling sehr variiren können. Aber auch während des intrauterinen Lebens werden solche Schwankungen wohl nicht fehlen, wenn sie allerdings vielleicht hier weniger vom Kinde, als vom Blutdruck des mütterlichen Organismus abhängig sein mögen.

Nun macht das selbstredend alles noch keinen Astigmatismus. Es gehört noch ein Factor dazu, der diese allfällige Schwäche eines solchen Auges gleichsam ausnützt, um sich selbst mehr zu entfalten. Man sieht leicht ein, dass wir damit der später zu besprechenden Aetiologie nicht eigentlich vorgreifen. Nur jene Theorien müssten damit fallen, die — nicht als Ausnahme, sondern als Regel — die Entwickelung des Hornhautastigmatismus auf Einflüsse der Function des Auges zurückführen wollten. Allein solche Anschauungen halten nach den Ergebnissen der Statistik ohnehin nicht stand, wie im Capitel über Aetiologie des Astigmatismus nachgewiesen werden soll. Nehmen wir nun asymmetrische Entwickelung der Hornhaut selbst als letzte Ursache an, oder einen besonders ungünstigen Verlauf des oberen Lides, oder beider Lider, oder eine besondere Härte des Tarsus, oder eine besondere Configuration des Schädels, oder einen fehlerhaften Ansatz der geraden Augenmuskeln — alles das liesse sich noch recht wohl als ererbte Familieneigenthümlichkeit denken.

Wir könnten dann — käme die hereditäre Anlage von Vater oder von der Mutter her — auch bei Vererbung der Anlage den Mangel ihres Einflusses auf das Auge begreifen, d. h. wir könnten uns recht wohl erklären, warum nicht alle Glieder einer solchen Descendenz den Fehler ererben müssten, eben weil sowohl individuelle Verschiedenheiten der Tension, als die Beeinflussung von Seiten des mütterlichen Organismus während den einzelnen Schwangerschaften die Wirkung der fehlerhaften Anlage auf die Gestaltung der Hornhautkrümmung fördern oder hemmen könnte.

Doch bin ich weit entfernt, diesen Auseinandersetzungen mehr als den Werth von vagen Vermuthungen zuzuerkennen.

Was uns hier mehr interessirt und was in Bezug auf Aussicht eines positiven Ergebnisses viel denkbarer ist, das ist die Frage: kann eine Heredität für die Krümmungsverhältnisse der Cornea überhaupt nachgewiesen werden?

Einzelne Fälle mögen zur Lösung auch ihren Werth haben, allein er wird beschränkt durch die relative Häufigkeit der Ausnahmen, z. B. des hochgradigen Astigmatismus. Wenn dieser bei 3 und mehr Procent aller Menschen vorkommt, so ist zum vornherein ein zufälliges Zusammentreffen nicht ausgeschlossen. Häufen sich dagegen in einer Familie die Fälle, so ist andererseits der Procentsatz wieder viel zu klein, um allein zur Erklärung zu genügen und wir dürfen daraus die Thatsache der Heredität ableiten.

§ 1. Heredität des Hornhautastigmatismus.

Wir haben versucht, dadurch zur Aufklärung dieser Frage beizutragen, dass wir, wo es möglich war, von den Individuen mit wenigstens einseitig hohem Astigmatismus (> 2,0 D) auch die Angehörigen untersuchten.

Wenn schon die Ausbeute nicht sehr reichlich war, so hat die darauf verwandte Arbeit ihren Zweck doch nicht verfehlt.

Es kamen zur Untersuchung 61 Individuen mit 122 Augen, die zu 31 Astigmatikern mit 61 Augen gehören (wir wollen die ersten kurz »Angehörige«, die letzten »Astigmatiker« nennen).

Tabelle 1. Häufigkeit der verschiedenen Grade von Astigmatismus bei den Astigmatikern.

0,25 D	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	1,75–2,0	>2–3,0	>3–4,0	>4–5,0	>5,0 D	
—	—	1	2	2	2	7	14	21	3	9	61.

Von den 31 Personen haben 16 beiderseitig mindestens 2,25 D, 14 nur einseitig. Ein Mädchen ist einäugig; wir wollten aber diesen Fall nicht weglassen, weil er zu einer Bemerkung Anlass geben wird.

Die 14 Augen mit Hornhautastigmatismus bis 2,0 D vertheilen sich folgendermassen:

0,75	1,0	1,25	1,5	1,75 und 2,0
1	2	2	2	7
7%	14%	14%	14%	50%.

Wie wir bereits früher gesehen haben, ist es bei den einseitig stark astigmatischen Individuen Regel, dass auch die andere Seite eine grössere durchschnittliche Asymmetrie zeigt, als wir gewöhnlich antreffen. So sind auch hier unter allen 14 Augen die ganz geringen Grade gar nicht vorhanden, während perverse, 0 und 0,25—0,5 nach der Regel in der Normalcurve mit 42,7% ver-

treten sind. Wenn wir Hornhautastigmatismus 1,25 D noch als zulässig betrachten, so fallen nur 5 Augen in diese Categorie (= 36% gegenüber 91,2% im allgemeinen), während 9 (= 64%) mit einem Astigmatismus von 1,5 und mehr Dioptrien ebenfalls als pathologisch zu erklären sind. Fig. 23 veranschaulicht diese Differenz.

Das ist nun schon Grund genug zum Studium der Hereditätsfrage auch einseitige Fälle heranzuziehen, weil eben ganz allgemein auch das andere Auge — nur weniger stark — mitbetroffen ist. Doch konnte ich das beim Beginn der Untersuchungen noch nicht wissen. Ich war im Gegentheil geneigt, diese Fälle auszuschliessen, denn ich sagte mir, dass, wenn auch

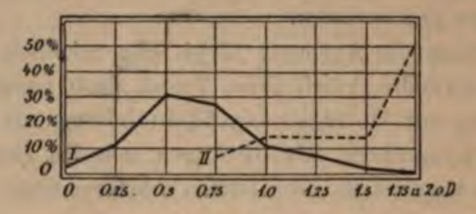


Fig. 23.

Häufigkeit der niederen Grade von Hornhautastigmatismus.

I. Im Allgemeinen.

II. Bei 14 Augen mit Astigmatismus < 2,25 D (das andere Auge > 2,0 D).

im allgemeinen die Untersuchungen für Heredität sprechen würden, doch gerade die einseitigen Fälle eher auf irgend einen Process zurückzuführen seien, der ausschliesslich dem Individuum und nicht etwa der Familie eigenthümlich wäre, auch dann, wenn die Anomalie schon angeboren sein sollte.

Das war nun entschieden unrichtig und ein glücklicher Zufall wollte es, dass gleich im Anfang im Anschluss an einen doppelseitigen Astigmatismus von 3,5 D, ein einseitiger ebenfalls von 3,5 D zur Untersuchung kam. Hätte ich den letzten Fall zuerst zu Gesicht bekommen, so wäre mir der erste entgangen. Das genügte, um mein Verfahren zu erweitern.

Die 31 Personen brachten, wie gesagt, 61 Angehörige zur Untersuchung. Sehen wir nun zu, wie sich bei diesen die Vertheilung des Hornhautastigmatismus ausnimmt.

Tabelle 2. Häufigkeit der verschiedenen Grade von Astigmatismus bei den Angehörigen.

0	0,25	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	1,75—2,0	>2—3,0	>3—4,0	>4—5,0	>5.
0	0	8	30	12	12	18	9	13	16	3	1

Fig. 24 giebt die graphische Darstellung der Vertheilung im Allgemeinen (I), für die Astigmatiker (II) und für deren Angehörige (III). Man sieht auf den ersten Blick, wie sehr die Curve der letzteren abweicht von der normalen, wie selten nicht nur verhältnissmässig, sondern auch absolut, die niedersten, wie

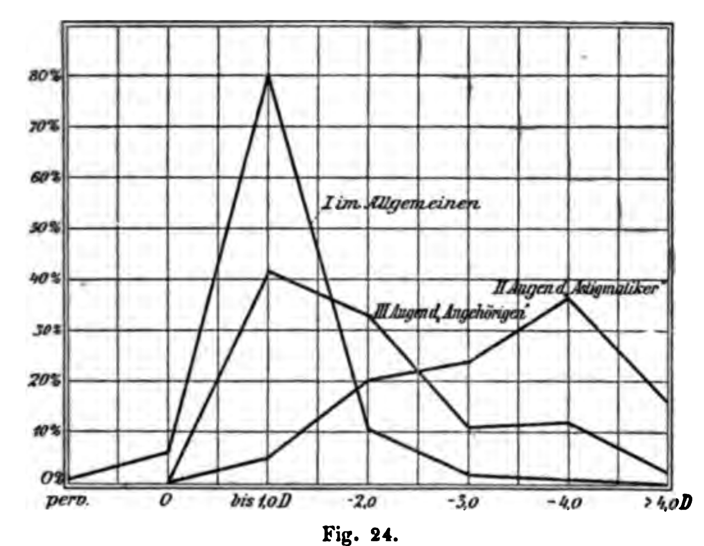


Fig. 24.
Häufigkeit der verschiedenen Grade von Hornhautastigmatismus im allgemeinen (I), bei Astigmatikern (II) und bei deren Angehörigen (III).

häufig die mittleren und höheren Grade sind und wie III ungefähr die Mitte hält zwischen I und II. Fälle mit 0,5 D, die doch sonst am häufigsten gefunden werden, sind hier recht spärlich vertreten, noch geringere Grade fehlen gänzlich. Und das alles nur, weil Verwandte — Geschwister, Eltern, Kinder — astigmatisch sind.

Es zeigt sich also auch bei den Angehörigen durchgehends eine Tendenz zu hohem Astigmatismus. Das ergiebt sich am sichersten aus dem Durchschnitt für alle 122 Augen der Angehörigen. Während dieser im allgemeinen 0,75 D nicht übersteigt, kommen wir hier, bei einer Auswahl, die nur auf der Verwandtschaft beruht, auf die ganz exorbitante Zahl von **1,68 D.**

8*

Wir haben früher gesehen, dass im Allgemeinen eine Cornealasymmetrie von mehr als 2,0 D in ca. 3% vorkommt; wenn nun hier **24%** solcher Fälle auftreten und statt 42,7% von 0 bis 0,5 D nur **0,7%** und die obigen Durchschnitte verglichen werden, so ist damit — wie mir scheint — nicht nur die Thatsache der Heredität, sondern auch deren massgebende Wichtigkeit zweifellos dargethan.

Wenn es gelingt, die Familie vollständig zu untersuchen, hauptsächlich auch — aus bekannten Gründen — durch mehrere Generationen hindurch, so wird man, wie wir überzeugt sind, für den angeborenen Hornhautastigmatismus Heredität äusserst häufig finden. Das ist selbstverständlich für die Auffassung der Aetiologie von fundamentaler Wichtigkeit. Davon später.

Jetzt lasst uns sehen, ob das vorliegende Material noch weitere Belehrungen giebt.

Wir theilen zu dem Zwecke die 55*) Individuen ein in solche, deren zugehörige Astigmatiker doppelseitig $\gtreqless$ 2,25 D hatte und in solche, in denen bei jenem ein Auge einen geringeren Grad der Asymmetrie darbot.

Wir erhalten 37 der ersten, 18**) der zweiten Categorie. Bei den ersten beträgt der durchschnittliche Astigmatismus 1,8 D, bei den letzteren 1,62. Also da schon ein merklicher Unterschied. Auffälliger wird derselbe, wenn wir uns fragen, wie viele Augen bei dem einen und anderen einen Astigmatismus von mehr als 2,0 D aufweisen. Es ergeben sich in dieser Hinsicht folgende Zahlen:

I. von 74 Augen haben 23 = 31%, Hornhautastigmatismus > 2,0 D.
II. von 36 " " 7 = 19%, " > 2,0 D.
Differenz also 12%.

Interessant ist die Frage, wie die beiden Geschlechter sich der Vererbung gegenüber verhalten. Leider sind unsere Zahlen zu klein, um die Häufigkeit der verschiedenen Möglichkeiten mit grosser Aussicht auf Bestätigung und Anerkennung feststellen zu können. Doch soll wenigstens ein Beitrag dazu gegeben werden. Die folgende Tabelle giebt darüber Aufschluss:

---

*) 6 fallen hier weg, weil sie Verwandte der Einäugigen sind.

**) Die grosse Differenz kommt von einer einzigen grossen Familie (Holzer s. u.) her.

Tabelle 3.

Astigmatiker		Angehörige der Astigmatiker					
Geschlecht	Anzahl	Geschlecht	Anzahl	Davon haben Astigmatismus			
				> 1	%	%	< 1,0
M	7	M	13	10	77	23	3
		W	11	9	82	18	2
W	24	M	11	4	36	64	7
		W	26	19	73	27	7

Es geht hieraus hervor, dass von den Verwandten der männlichen Astigmatiker ungefähr gleichviel männliche wie weibliche hohe Grade von Astigmatismus zeigten, und ebenso viele fanden sich bei den weiblichen Verwandten der weiblichen Astigmatiker, während bei den männlichen Angehörigen dieser mehr geringe Grade zur Beobachtung kamen. Doch ist leicht einzusehen, dass daraus keine weitgehenden Schlüsse gezogen werden dürfen, da wir ja aus dieser Tabelle gar nicht erfahren, ob die einzelnen Astigmatiker und Angehörigen im Verhältniss von Eltern und Kinder oder in demjenigen von Geschwistern stehen, was von massgebender Bedeutung sein muss.

Es soll deshalb in dieser Richtung noch ein Blick auf das Material geworfen werden.

In 9 Fällen gelang es, die Eltern zu untersuchen; drei mal beide, sechs mal nur Vater oder Mutter. Es fanden sich folgende Asymmetrien (in den Fällen mit beiden Eltern wurden nur die Augen des stärker astigmatischen berücksichtigt):

Astigmatismus	< 1,0 D	—
„	> 1,0—2,0	3
„	> 2,0 D	6
		9*)

Durchschnitt 2,56 D. Wenn wir bedenken, dass von den Eltern einzig ein Individuum (ein Vater) für sich selbst auf die Klinik kam wegen Sehschwäche und in diesem Falle erst nachträglich die Kinder untersucht wurden, sonst aber immer letztere die Astigmatiker waren und die Eltern die »Angehörigen«, so ist

*) Es ist jeweilen das stärker astigmatische Auge berücksichtigt, wo ein Unterschied auf beiden Seiten bestand.

der Mangel aller Fälle bis zu 1,0 D gewiss auffallend genug, um die Heredität ausser Frage zu stellen.

Haben nun die Kinder den Astigmatismus vom Vater oder von der Mutter? oder was lassen sich in dieser Hinsicht für Beobachtungen machen? Sind etwa ähnliche Gesetze giltig, wie z. B. für Daltonismus und Hämophilie?

Die geringe Zahl der Fälle gestattet selbstredend keine endgiltigen Schlüsse, aber das wenigstens geht sicher aus ihnen hervor, dass weder eine direkte noch eine gekreuzte sexuelle Vererbung ausschliesslich oder auch nur in überwiegendem Maasse stattfindet.

Von den 3 Elternpaaren ist zwei mal der Vater stärker astigmatisch, einmal die Mutter. Im letzteren Falle ist nur ein Mädchen astigmatisch (Familie M). In dem einen des ersteren (Z) ist der Knabe stärker astigmatisch, aber auch das Mädchen zeigt noch 2,5 D. Im anderen Falle (H) treffen wir auch astigmatische Individuen der beiden Geschlechter.

Von den sechs einzelnen Eltern sind zur Untersuchung gekommen: zwei mal der Vater und der Astigmatismus zeigt sich bei Mädchen; Knaben waren keine vorhanden.

Vier mal handelte es sich um die Mutter (2 × Astigmatismus $>$ 1,0 D, 2 × $>$ 2,0 D). In einem Falle ist die Asymmetrie auf Knaben und Mädchen übergegangen, in den drei anderen Fällen kamen nur Mädchen zur Untersuchung.

Wenn wir aus der Familie Holzer (s. u.) die Familie Wenger-Holzer ausscheiden, so sehen wir in frappantester Weise, wie der Astigmatismus der Mutter auf Kinder beider Geschlechter sich vererben kann.

So viel geht also sicher aus unseren Beispielen hervor, dass der Astigmatismus des Vaters wie der Mutter auf Knaben wie auf Mädchen übergeht.

In 21 Fällen konnten nur Geschwister untersucht werden; 17 × je 2, 4 × je 3, zusammen 46. Es zeigt sich dabei, dass sowohl astigmatische Brüder- als Schwesterpaare und ebensogut astigmatische gemischte Paare vorkommen.

Wir wollen nicht unterlassen, einige interessante casuistische Beiträge folgen zu lassen.

1. Familie M. **Lina** 10 Jahre*) od durch Trauma verloren
os 3,5 D
Mutter 36 Jahre od 4,25 D
os 3,25 D.

Ich entdeckte bei dem Kinde den Astigmatismus, als es des Traumas wegen auf der Klinik war. Sofort untersuchte ich auch die Mutter, die zum Besuch zugegen war. Auf das obige Resultat hin wünschte ich auch die übrigen Familienmitglieder zu ophthalmometriren und es kamen der Vater und vier weitere Kinder. Das Ergebniss der Messung war folgendes:

	od	os
Vater	od 0,75 D	os 0,75 D
1. Kind	od 0,5 D	os 0,5 D
2. Kind	od 0,5 D	os 0,75 D
3. Kind	od 0,75 D	os 0,75 D
4. Kind	od 0,75 D	os 0,75 D.

Wir kommen im Capitel über die Aetiologie des Astigmatismus auf diese Familie M zurück.

2. Familie K.

Mutter	1,75	und 3,0
Rudolf 9 Jahre	1,75	und 1,25
Marie 7 1/2 Jahre	4,5	und 2,0
Anna 5 Jahre	1,5	und 1,5.

Also beinahe ausnahmslos pathologische Beträge.

3. Familie B.

Vater	6,0	5,75
Frieda 10 Jahre	0,75	1,5
Bertha 9 Jahre	3,25	2,5
Olga 8 Jahre	1,75	1,75.

Von 6 Augen 5 auch mit pathologischem Astigmatismus.

4. Geschwister Bg.

Pauline 18 Jahre	1,5	1,5
Oscar 16 Jahre	3,5	1,75
Albert 14 Jahre	3,5	3,5.

Alle Augen pathologischen Astigmatismus.

5.**) Zwillinge B.

Emma	6,0	1,75
Rosa	4,5	3,25.

6.**) Geschwister T.

Aeltere Schwester	0,75	4,0
Jüngere Schwester	3,5	4,0.

---

*) Das zuerst untersuchte Individuum (der „Astigmatiker") ist jeweilen durch den Druck hervorgehoben.

**) In 5 und 6 wurden die einzelnen Schwestern ohne Kenntniss der Verwandtschaft untersucht, die erst nachträglich in Erfahrung gebracht wurde.

Familie

Jol

7

Frau Wenger-Holzer,	Herr Wenger-Holzer,[2]	Johann Holzer,	Fritz
33 Jahre.	33 Jahre.	30 Jahre.	29
od ; os	od ; os	od ; os	od
41,75 ; 41,5	42,0 ; 42,0	41,25 ; 41,25	40,
3,25 ; **3,75**	1,0 ; 0,5	0,75 ; 0,75	0,
75° n ; —	— ; —	— ; —	80°

Ferd. Wenger,	Hans Wenger,	**Herm. Wenger,**
9 Jahre.	7 Jahre.	5½ Jahre.
od ; os	od ; os	od ; os
41,5 ; 41,5	41,5 ; 41,5	40,75 ; 41,25
4,0 ; **3,5**	1,25 ; 0,75	**3,5**[3] ; **3,5**[3]
— ; —	— ; —	75° n ; —

---

[1] Erste Zeile: Hornhautrefraction in Dioptrien.
Zweite Zeile: Astigmatismus in Dioptrien.
Dritte Zeile: Meridian schwächster Krümmung.
— = wagrecht. n = nasal.

:enburg.

,³)

'5
;

rl Holzer,	**Ferdinand Holzer,**	Albert Holzer,	**Emil Holzer,**
5 Jahre.	21 Jahre.	17 Jahre.	14 Jahre.
od ; os	od ; os	od ; os	od ; os
),0 ; 40,5	41,0 ; 41,25	42,75 ; 43,0	40,0 ; 41,0
75 ; 0,75	**3,25** ; **3,5**	1,0 ; 0,75	**3,5** ; 0,75
— ; —	85° n ; 75° n.	— ; —	80° n ; —

ıer,

;

75
³)

ath zur Familie gekommen.
·ie bedeutender Fehler aber

7. Geschwister H.	**Albert**	3,25	3,25
	Rosa	3,25	3,0.
8. Familie Hg.	Herr Hg.	2,5	1,5
	einziges Kind	6,0	6,25.

9. Familie Holzer. Ein glücklicher Zufall spielte uns kurz vor Schluss der Untersuchungen noch diese interessante Familie in die Hände. Der auf Seite 120/121 beigegebene Stammbaum macht uns mit den Eigenthümlichkeiten derselben bekannt. Das Beispiel hat den grossen Vortheil einer stattlichen Zahl von Kindern und Grosskindern. Leider war es nicht mehr möglich, auch die zwei Kinder eines Sohnes zur Untersuchung zu bekommen.

Die wichtigsten Ergebnisse sind:

1. Der Astigmatismus geht von der väterlichen Seite aus.

2. Derselbe ist auf Töchter und Söhne übergegangen und zwar unabhängig vom Alter (Frau Wenger 33 Jahre, Emil H. 14 Jahre).

3. Das einzige Kind, das wieder Kinder zur Untersuchung brachte (Frau Wenger), war eine Tochter; die meisten Kinder derselben sind astigmatisch und zwar Knaben und Mädchen.

Es liegt nahe anzunehmen, dass nicht eigentlich die abnorme Hornhautkrümmung vererbt ist, sondern dass diese nur ein Ausdruck ist einer weiter zurückliegenden Ursache, sei dieselbe nun im Baue der Orbita, oder der Lider oder sonstwo zu suchen.

Wir erheben nicht den Anspruch, alle Angaben über die Heredität des Astigmatismus, die in der Literatur zerstreut liegen, aufgefunden zu haben. Was uns aufgefallen ist, sind nur wenige Bemerkungen.

Die erste fällt in das Jahr 1862. Knapp (3) theilt mit, dass er Cornealasymmetrie (natürlich ziemlich starke) bei Mutter und Sohn beobachtet habe. Donders (5) sagt, ohne specielle Beispiele anzuführen, dass der Astigmatismus manchmal erblich sei und bei Eltern und Kindern, häufig aber auch nur bei Geschwistern vorkomme. Man sieht, dass — gewiss mit Recht — auch die letzten Fälle als für Erblichkeit beweisend angesehen werden.*)

Nach Mauthner (16, p. 778) hat Javal eine Mittheilung gemacht über eine 16gliedrige Familie, in der Astigmatismus pervers. herrscht. Brayley berichtet über zwei Familien, in denen ausser der Mutter drei Kinder astigmatisch waren und ganz ähnliche Beschwerden zeigten.

---

*) Wie es ja auch bei anderen ererbten Eigenschaften geschieht. So sieht man z. B. bei Taubstummheit häufig die Ascendenz völlig frei und dennoch 2 und mehrere Geschwister an diesem Fehler leiden.

Auch Vacher (24) theilt in seinem Aufsatz über den Zusammenhang von Catarakt und Astigmatismus einige Fälle von ererbtem Astigmatismus mit. Einmal handelte es sich um Mutter und Tochter, ein anderes mal um Grossmutter, Vater und Tochter.

Vossius (25) sah zwei Schwestern mit starkem myopischem Astigmatismus, die jüngere mit 3 und 4 D, die ältere mit 3.5 D auf beiden Augen, ferner einen Fall von Asymmetrie bei Mutter und Tochter und endlich berichtet auch Jackson (26) in jüngster Zeit von hereditärem Astigmatismus (bei Geschwistern und Vettern).*)

Diese Auffassung blieb, soviel mir bekannt ist, durchaus unbestritten und ging auch in die neueren Lehrbücher über. Auch werden keinem Untersucher, der über ein irgendwie grosses Material verfügt, ähnliche Beobachtungen nicht auch vorgekommen sein. Doch blieben das immer nur Ausnahmen, und nur einzelne Beispiele, ohne dass daraus auf die Wichtigkeit, die Häufigkeit der Heredität ein Schluss gezogen werden konnte.

§ 2. Heredität der Hornhautkrümmung.

Schon bei der Behandlung der Abhängigkeit von Pupillendistanz und Hornhautwölbung hat sich ergeben, dass die grossen Schwankungen der letzteren durch die Heredität in erheblichem Maasse beeinflusst werden. Es zeigte sich deutlich, dass Untersuchungen von Schülern, deren Schwestern besonders flache oder besonders stark gewölbte Hornhäute besassen, eine merkwürdige Anlehnung an die bei letzteren — den Schwestern — gefundenen Maasse ergaben. Es handelte sich aber dort in erster Linie um den Nachweis des Zusammenhanges von Cornealkrümmung und Pupillendistanz. Wir erlauben uns nun auf die Hornhautrefraction ohne jene Rücksicht noch etwas genauer einzugehen.

---

*) Während der Drucklegung theilte mir Herr Dr. A. Senn, Augenarzt, in Wyl Schweiz, folgende frappante Fälle mit:

1. Familie M. in L.

Mutter	od 1,75 D	os 1,25 D	Leider konnte der Vater, der stark kurzsichtig geschildert wird, wie die Kinder, bis jetzt noch nicht untersucht werden.
Bertha 11 J.	od 5,5 D	os 5,0 D	
Emma 10 J.	od 1,75 D	os 1,5 D	
Hanna 7 J.	od 5,0 D	os 3,5 D	

2. Familie F. in W.

Mutter 36 J.	od 3,0 D	os 3,0 D	subjectiv myopisch
Hermina 16 J.	od 2,75 D	os 2,0 D	subjectiv myopisch
Walter 13 J.	od 4,5 D	os 3,5 D	— subjectiv hypermetropisch.

Nun wollen wir vorerst ganz einfach aus dem Material zwei Abtheilungen bilden, eine mit je dem ältesten Angehörigen einer jeden der 61 Gruppen und die andere mit den übrigen.

Dann sollen die Hornhäute der ersten Abtheilung nach dem Grade ihrer Brechkraft in 4 Unterabtheilungen geordnet und jeweilen der durchschnittliche Grad der Krümmung berechnet werden. Das findet sich in der oberen Colonne der folgenden Zusammenstellung. Nun soll ferner in der zweiten Colonne der durchschnittliche Brechwerth der Corneae aller jener Individuen aufgeführt werden, die als Verwandte zu den entsprechenden Unterabtheilungen der ersten Colonne gehören. Wir erhalten auf diese Weise schon ein unzweideutiges Resultat.

Tabelle 4.

I. Abtheilung	— 40,75 D durchschn. 40,16	41—42,5 41,82	42,75—44 43,25	>44 D 44,95
II. Abtheilung	41,78	42,16	42,91	44,08

D. h.: zu jeder der 4 Unterabtheilungen von I gehört eine Reihe von Verwandten, die nun ihrerseits auch wieder die gleiche Eigenthümlichkeit der Hornhautrefraction aufweisen, zu den flachen gehören wieder flache, zu den stark gewölbten wieder stark gewölbte Hornhäute.

Das zeigt sich in einzelnen kleinen Gruppen noch besonders frappant. So gehören z. B. zu 10 Augen der ersten Abtheilung mit je 41,25 D folgende 11 Augen von Anverwandten.

40,0	40,75	41,0	41,25	41,5	41,75	42,0	
1	1	1	2	1	4	1	durchschn. **41,34** D.

Fälle von mehr als 42,0 Dioptrien, die doch im allgemeinen bei **75,2**% vorkommen, wurden hier gar nicht angetroffen und der Durchschnitt steht ganz erheblich unter dem allgemeinen Mittelwerth.

Umgekehrt gehören zu den 11 Fällen mit 44,0, 44,25 und 44,5 D 11 Augen von Verwandten, die nachstehende Hornhautrefraction haben

43,75	44,0	44,25	44,75	45,0	45,25	
1	1	2	1	5	1	durchschn. **44,66** D.

Es zeigen also alle Augen mehr als 43,5 D Refraction, was doch im allgemeinen nur bei etwa der Hälfte der Hornhäute beobachtet wird.

Nun setzt sich aber das verwendete Material aus mehreren Theilen zusammen, die nicht ganz gleichartig sind:

1. aus den zum Studium der Heredität ausgewählten Familien;

2. aus den in der Mädchen-Secundarschule zur Ermittelung des Zusammenhanges von Pupillendistanz und Hornhautkrümmung untersuchten Schwestern,

und 3. aus sonstigen Familien, die uns während unserer Untersuchungen begegnet waren.

Tabelle 5.

Hornhaut-refraction	bis 41	— 42	— 43	— 44	— 45	— 46
bis 41	8 3	7				
— 42	2	12 4	6			
— 43	4	6	10 3		1	1
— 44			3	3 3	4	4
— 45			1		11 7	2
— 46			1			6

Da nun, wie schon erwähnt worden ist, der Hornhautastigmatismus und die Hornhautkrümmung in einem gewissen Verhältniss stehen und da also bei recht ungleichem Hornhautastigmatismus von verschiedenen Familiengliedern auch die Cornealwölbung ungleich sein wird; d. h., weil eben normale und anormale nicht ohne weiteres verglichen werden dürfen, so müssen wir alle Fälle ausscheiden, bei denen irgendwie beträchtliche Differenzen im Astigmatismus vorhanden sind. Diese Fälle sind zur Beleuchtung der vorliegenden Frage trotzdem nicht verloren und es wird

sich bald zeigen, dass gerade die durch die ungleichen Grade von Astigmatismus bedingten Abweichungen die Annahme der Heredität der Hornhautkrümmung sehr zu stützen geeignet sind.

Nach dieser Ausscheidung liegen noch 26 Familien zur Vergleichung vor — es handelt sich meistens um je 2 oder 3 Geschwister. Die vorstehende tabellarische Vertheilung der Fälle wird deutlicher sprechen, als viele Worte. Die fettgedruckten Ziffern geben die Zahl der Erstuntersuchten an, die auf jede Rubrik entfallen. Die kleinen Ziffern zeigen, wie die diesen Erstuntersuchten zugehörigen Verwandten-Augen sich vertheilen.

Wir können nicht umhin, einige wenige Beispiele anzuführen.

1. Auffallend flache Hornhäute, besonders in Anbetracht des Alters der Untersuchten (12—15 Jahr).

	Minimale Hornhautkrümmung od	os	
Marie N.	41,25	41,0	Im Allgemeinen kommen so
Emma N.	40,75	40,75	flache Corneae bei Kindern dieses
Elise N.	40,0	40,0.	Alters kaum in 12 % vor.

2. Mittelstarke Hornhautwölbung bei Zwillingen.

		Astigmatismus od	os	Hornhautrefraction od	os
H. A.	4 J.	1,0	1,0	43,5	43,5
A. A.	4 J.	1,0	1,0	43,5	43,5.

3. Auffallend stark gewölbte Hornhäute.

	Hornhautrefraction od	os
E. K.	44,5	44,5
A. K.	45,0	45,0.

Aber auch die Ausnahmen sind äusserst lehrreich.

	od	os
4. Ottilie M. zeigt folgende Maasse (12 J.)	45,0	45,25,
ihre Schwester A. (11 J.) hingegen	42,5	42,5 , bei

gleichem geringem Astigmatismus.

Nun ergiebt eine objective und subjective Prüfung der sphärischen Refraction bei ersterer eine Hypermetropie von 2,5 D, bei letzterer eine solche von **6,0** Dioptrien. Diese Differenz gleicht diejenige der Hornhaut ziemlich aus, und man kann daher den

Rückschluss wagen, dass alle 4 Augen ungefähr dieselben Achsenlängen haben. (Ueber die Beziehungen der Hornhautkrümmung zur Totalrefraction s. II. Theil.)

Es wurde seinerzeit ausgeführt, dass bei hochgradigem Astigmatismus sich je nach Fall eine Veränderung des wagrechten oder des senkrechten Meridians oder beider zugleich nachweisen oder wenigstens als wahrscheinlich annehmen lasse. Diese Behauptung findet eine ebenso unerwartete wie bedeutsame Stütze in den soeben auseinandergesetzten hereditären Beziehungen. Einige Beispiele werden den Zusammenhang leicht kenntlich machen.

1. Die drei Geschwister Sch. zeigen folgende für Kinder recht niedrige minimale Krümmungen:

		Hornhautkrümmung			
		minimal		maximal	
		od	os	od	os
Paul	Sch.	40,75	40,75	46,75	46,75 (d. h. 6,0 D Astigm.)
Theophil	Sch.	41,5	41,5	42,5	42,5
Pauline	Sch.	41,75	41,75	42,75	42,75.

Das zeigt doch ganz augenscheinlich, dass das Charakteristicum flache Hornhäute sind und dass nur ganz ausnahmsweise die Maxima des Paul Sch. hoch liegen, eben weil sie durch den Astigmatismus modificirt sind; es ist also hier aller Wahrscheinlichkeit nach die Asymmetrie auf zu starke Wölbung des senkrechten Meridians zu beziehen.

Aehnlich ist folgendes Beispiel:

			Hornhautkrümmung					
			minimal		maximal		Astigmatismus	
			od	os	od	os	od	os
5. Joh.	D.	15 J.	41,25	41,25	45,25	45,0	4,0	3,75
Frieda	D.	13 J.	41,25	41,25	42,25	42,25	1,0	1,0
		Differenz	0	0	3,0	2,75	3,0	2,75.

Der Umstand, dass die Minima genau gleich sind, die Maxima aber genau dieselbe Differenz zeigen, wie der Astigmatismus, legt doch gewiss die Annahme nahe, den senkrechten Meridian für den pathologischen zu halten.

Wir führten oben die minimale und maximale Hornhautrefraction der L. D. (6,0 D Astigmatismus) an, und es schien uns ein Fall von ungefähr gleicher Betheiligung beider Meridiane an der abnormen Krümmung vorzuliegen. Die Vermuthung gewinnt

nun noch viel an Wahrscheinlichkeit, wenn wir die entsprechenden Maasse der Schwester zum Vergleich heranziehen.

	minimale Hornhautkrümmung		Astigmatismus		maximale Hornhautkrümmung	
	od	os	od	os	od	os
6. L. D. 12 J.	40,0	40,0	6,0	6,0	46,0	46,0
G. D. 10 J.	42,75	42,75	1,0	1,0	43,75	43,75
Differenz	+2,57	+2,75	5,0	5,0	—2,25	—2,25.

Aehnlich ist folgender Fall:

		Minimal	Astigmatismus	Maximal
7. Frl. T. älter	od	41,5	3,5	45,0
	os	41,5	4,0	45,5
		Minimal	Astigmatismus	Maximal
Frl. T. jünger	od	41,25	4,0	45,25
	os	43,0	0,75	43,75.

Das normale linke Auge der jüngeren Schwester zeigt ganz normale mittlere Werthe für minimale und maximale Hornhautkrümmung, während die 3 pathologischen Augen auffallend flache Minima und ebenso auffallend stark gewölbte Maxima aufweisen.

Auch für die pathologische Abweichung des wagrechten Meridians liegen uns Beispiele vor; das folgende möge genügen:

		minimale Hornhautkrümmung	Astigmatismus	maximale Hornhautkrümmung
8. Emma Z. 15 J.	od	41,5	1,5	43,0
	os	41,75	1,25	43,0
Paul Z. 13 J.	od	42,0	1,0	43,0
	os	**38,75**	3,75	42,5.

Da ist denn doch ganz offenbar der starke Astigmatismus des linken Auges auf eine zu flache Krümmung im wagrechten Meridian zu beziehen. Ja, es scheint überhaupt in allen Augen der maximale Meridian der normale und auch bei Emma Z. der tiefe Stand der Minima dem Astigmatismus zuzuschreiben zu sein.

Nun seien noch die Verhältnisse kurz angeführt, die der Famile Wenger eigen sind.

Es handelt sich um Vater, Mutter und 13 Kinder und Grosskinder. Die Asymmetrie kommt, wie aus dem Stammbaum ersichtlich ist, von der väterlichen Seite her.

Tabelle 6.

Vertheilung der einzelnen Augen nach Graden der Hornhautrefraction.

Hornhautkrümmung	— 40,0	— 41	— 42	— 43	— 44	— 45 D
Vater	2					
Mutter					2	
Kinder	2	6	16	2	—	—

Was im Allgemeinen in etwa der Hälfte aller Fälle eintritt — Hornhautkrümmung bis und mit 43,0 D — ist hier Regel ohne Ausnahme. Noch mehr! Normaliter fallen von dieser Hälfte wieder $^5/_9$ zwischen 42 und 43 D und nur $^4/_9$ unter 42,25, hier aber nur 7,2% auf die gewölbten und volle 92,8% auf die flachen Hornhäute. Ueber 43,0 D, d. h. über dem allgemeinen Durchschnitt finden wir überhaupt nicht ein einziges Kind und die Mutter steht ganz verlassen auf der oberen Hälfte. Die Hornhautkrümmung der Kinder hängt also in dieser Familie durchgehends von derjenigen des Vaters ab und die niederen Minima sind um so bemerkenswerther, als fünf Kinder bis zum neunten Lebensjahre dabei sind. Man erinnert sich, dass im Capitel über Hornhautkrümmung bei Besprechung der jüngsten Mädchen nach 4 sehr stark gewölbten Hornhautpaaren plötzlich zwei Augen mit sehr flacher Cornea beobachtet wurden. Ich sagte damals: Exceptio confirmat regulam. Jene Ausnahme gehört eben zu dieser Familie Holzer und es ist damit die äusserst flache Hornhaut gewissermassen legitimirt.

§ 3. Heredität der Meridianrichtung.

Wir haben früher gesehen, dass der Meridian schwächster Krümmung in weitaus der Mehrzahl der Augen wagrecht ist. Für stark astigmatische Hornhäute fanden sich Abweichungen ferner viel häufiger, als für normale Fälle. So sind denn auch bei den 31 in den vorhergehenden beiden Paragraphen aufgeführten Astigmatikern mit den 47 Augen mit Hornhautastigmatismus > 2,0 D nur 24, d. h. 51% wagrecht, dagegen 23 = 49% schief und zwar folgendermassen vertheilt:

nasal						temporal				
70	75	80	83	85	—	85	83	80	75	70
2	3	5	2	6	24	3	1	—	1	—
18						5				

Als vollgiltiger Beweis, dass die Häufigkeit schiefer Achse
wirklich mit dem Grade des Astigmatismus zusammenhängt, se
die Beobachtung angeführt, dass von den 14 den gleichen In-
dividuen angehörenden Augen mit einem Astigmatismus von
$< 2{,}25$ D 12 mal (85,6 %) der Meridian schwächster Krümmung
wagrecht war und nur 2 mal (14,4 %) davon abwich.

Daraus müssen wir den Schluss ziehen, dass, wenn von eine
Anzahl astigmatischer Individuen eine grosse Menge von »A-
gehörigen« ebenfalls mit auffälligen Graden von Hornhautasymmet
behaftet sind, auch bei diesen letzteren eine Menge von schief
Achsen zu erwarten ist und dass, wenn dies zutrifft, nicht oh
weiteres die Erblichkeit im Spiel sein muss, eben weil stark
Astigmatismus an und für sich häufig vergesellschaftet ist mit un-
gewöhnlichen Meridianstellungen. Wenn wir über eine directe Ver-
erbung der Achsenstellung uns Klarheit verschaffen wollen, so
müssen wir das Material in geeigneter Weise gruppiren und haupt-
sächlich auch Art und Grad der Abweichung in den einzelnen
Familien studiren.

Und da ergiebt sich denn Folgendes:

I. Achsenstellung der Angehörigen ohne Rücksicht auf die Verwandtschaft:

a) bei den 33 Augen mit Astigm. $> 2{,}0$ D — 14 × = 42 %
╱ 19 × = 58 %.

II. Mit Rücksicht auf die Verwandtschaft:

a) Angehörige von den Astigmatikern mit den 24 Augen $> 2{,}0$ D und **wagrechten** Achsen: — 7 = 58 %
╱ 5 = 42 %.

b) Angehörige von den Astigmatikern mit den 23 Augen $> 2{,}0$ D und **schiefen** Achsen: — 2 = 14 %
╱ 12 = 86 %.

Aus dieser Zusammenstellung geht unzweifelhaft hervor, dass auch die Achsenstellung **vererbt** wird, denn der Unterschied der Häufigkeit schiefer Meridiane bei Angehörigen der Gruppe IIa (42 %) und IIb (86 %) ist zu frappant.

Noch augenfälliger zeigen diese Abhängigkeit die einzelnen Fälle.

1. Wir verweisen auf den Stammbaum der Familie **Holzer**. Der Vater hat rechts eine nasalschiefe Achse. Von den 6 stark astigmatischen rechten Augen der Kinder zeigen vier dasselbe Ver-

hältniss. Recht auffällig ist auch das Verhalten von Frau Wenger-Holzer und ihres Knaben Hermann

		Frau W.	H. W.
	od	3,25 D 75° nasal	3,5 D 75° nasal
	os	3,75 D —	3,5 D — .
2.		Vater B.	Kind Bertha
	od	6,0 D 78° nasal	3,25 D 80° nasal
	os	5,75 D 78° nasal	2,5 D 80° nasal.
3.		Knabe H.	Mädchen H.
	od	3,25 D 70° nasal	3,25 D 80° nasal
	os	3,25 D 70° nasal	3,0 D 80° nasal.
4.		Mina W.	Martha W.
	od	4,25 D —	1,25 D —
	os	3,25 D 85° temporal	2,5 D 75° temporal.

Temporale Abweichungen sind ziemlich selten!

5. Sehr interessant sind die Krümmungsverhältnisse der Hornhäute der Geschwister K. und zwar in mehrfacher Hinsicht

	od	os
Hedwig K.	1,25 D 60° nasal	2,0 D 80° temporal, also annähernd ‖
Elise K.	2,75 D 75° temp.	3,0 D 75° nasal, also genau ‖
Otto K.	0,5 D —	0,75 D —

Die zwei Schwestern sind also astigmatisch und zeigen gleichzeitig schiefe Achsen und zwar eine Form der Meridianstellung, die wir als sehr selten bezeichnet haben: Parallelismus bei schiefer Stellung. Dabei aber sehen wir die merkwürdige Erscheinung, dass die Richtung dieser schiefen Meridiane in beiden Fällen gerade entgegengesetzt ist. Ich erinnere mich genau, dass die beiden mir früher schon persönlich bekannten Kinder auffallend asymmetrische Gesichtsbildung haben. Das Bild des Knaben habe ich nicht mehr im Gedächtniss. Leider sind genaue Messungen der Schädeldimensionen nicht gemacht worden.

Otto K. zeigt, bei normaler Hornhautkrümmung, auch normale Meridianrichtung.

		Emma	Rosa
6. Zwillinge B.	od	6,0 85° nasal	4,5 85° nasal
	os	1,75 —	3,25 — .

Trotz der grossen Differenz der Asymmetrie doch genau gleiche Achsenstellung. Ich will nicht unerwähnt lassen, dass ich

erst etwa ein Jahr nach der Untersuchung dieser beiden Kinder aus einer Primarschule erfuhr, dass es sich um Schwestern handelt.

7. Schliesslich sei noch auf die Familie M. (Beispiel 1, s. S. 119) hingewiesen. Wir sahen früher, dass nur die Mutter und das Kind Lina hochgradigen, der Vater aber und die vier anderen Kinder normalen Astigmatismus hatten. Vergleichen wir nun auch die Hauptmeridiane.

	od		os	
Mutter 36 Jahre	4,25 D	80° temporal	3,25 D	80° nasal
Lina 10 Jahre	Trauma		3,5 D	80° nasal
Vater	0,75	—	0,75	—
1. Kind	0,5	—	0,5	—
2. Kind	0,5	—	0,75	—
3. Kind	0,75	—	0,75	—
4. Kind	0,75	—	0,75	—

Die Mutter und Lina haben hohen Astigmatismus und schiefe Achsen, der Vater und die übrigen Kinder durchaus normale Verhältnisse. Dabei will ich nicht unerwähnt lassen, dass Lina der Mutter sehr ähnlich sieht und beide recht hübsch geformte ovale Gesichter besitzen, während die übrigen Kinder, ganz verschieden davon, den gleichen viereckigen Kopf, die richtige tête carrée, haben, wie ihr Vater, ein typischer Berner Bauer.

Wir wollen nicht unterlassen mitzutheilen, dass auch die Fälle von hereditärem Astigmatismus, die Brailey mittheilte (s. o.), gleiche, etwas schräg gerichtete Meridiane hatten.

Neben solchen Fällen finden sich auch andere, in denen trotz sehr hohem Astigmatismus alle Achsen wagrecht sind.

		od	os
7.	Bertha R.	3,75 D —	3,25 D —
	Frieda R.	5,5 D —	4,75 D —

Selbstredend könnten wir nun für alle drei Paragraphen dieses Capitels auch zahlreiche Beispiele finden, die nicht zu dem Ausgeführten stimmen. Es wird ja Niemand eine so gesetzmässige Abhängigkeit erwarten, die keine Ausnahmen zuliesse. Zudem sind wir bei eingehendem Studium dieser Fragen immer mehr zu der Ueberzeugung gekommen, dass wir es oft nur mit scheinbaren Ausnahmen zu thun haben, und dass gerade diese nicht in die Regel sich fügenden Fälle nicht selten interessante

Aufschlüsse geben können. Dann müssen wir, wie bei jeder Zuhilfenahme der Heredität, auch hier zwei wichtige Dinge nicht übersehen: Erstens den Umstand, dass die Vererbung oft recht capriciös ist, dass sie, ohne für uns wahrnehmbare Ursache, ganze Generationen überspringt, dass sie aber auch in der gleichen Generation den einen packt und den folgenden freilässt. Ob wir das erklären können und wie eine allfällige Erklärung lauten mag, das ist hier ziemlich gleichgiltig. Die Thatsache steht für den Anthropologen wie den Mediciner, für den Zoologen wie den Botaniker gleich fest.

Zweitens dürfen wir aber auch nie vergessen — was bei Aufstellung der Heredität als ätiologisches Moment so häufig gethan wird — dass auch neue Fälle entstehen, ohne dass sich die Abnormität in der Ascendenz je gezeigt hätte. Solche Fälle müssen entstehen. Wollten wir den Gedanken der Heredität ad absurdum führen, so kämen wir dazu, unsere Vorfahren mit einer Anzahl von kleineren und grösseren Fehlern behaftet uns vorzustellen, von denen die einen im Verlaufe der Jahrhunderte auf diese, die anderen auf jene Stämme sich vererbt hätten. Und dann dürften wir nicht ungerecht sein. Wir müssten dann mit der Vererbung der guten geistigen und körperlichen Eigenschaften auch so schematisch verfahren. So würde schliesslich ein Urahne resultiren, der gut und schlecht, schön und hässlich, wohl und übelgeformt zugleich wäre.

Der Leser wird aus der Uebertreibung wohl den Kern der Sache herausgefunden haben.

Verzeichniss

der im ersten Theil benutzten Arbeiten.

---

1. Pflüger, Discussion über den Vortrag von Javal „Ueber Ophthalmometrie". Bericht des VII. intern. ophthalmol. Congr., Heidelberg, 1887.
2. —— Einige Resultate klinischer Ophthalmometrie. Verh. des X. intern. medicin. Congr., Berlin B IV, Abth. 10. (1890.)
3. Knopp, Ueber die Asymmetrie des Auges in seinen verschiedenen Meridian-Ebenen. Archiv f. Ophthalm., VIII, 2, S. 185. (1886.)
4. Mooren, Fünf Lustren ophthalm. Wirksamkeit. (1882.)
5. Donders, Die Anomalien der Refraction und Accommodation des Auges, deutsche Ausgabe. (1866.)
6. Cohn, Lehrbuch der Hygiene des Auges. (1892.)
7. Frank van Fleet, Clinical lecture: Astigmatism.; its localisation and detection. New-York, Medic. Journal, 1892, S. 42.
8. Knapp, Die Krümmung der Hornhaut des menschlichen Auges. (1859.)
9. Würdemann, Association méd. Américaine à Detroit, 1892. (cit. Annal., d'Oculist. C VIII, S. 43.)
10. Bourgeois & Tscherning, Recherches sur les relat. entre la courb. de la cornée, la circonférence de la tête et la taille. Annal. d'Ocul., 1886, S. 203 et Javal: Memoires etc. S. 241.
11. Nordenson, Recherches ophthalmométriques sur l'astigm. de la cornée. Javal Mémoires, S. 85. (1883.)
12. Schiötz, Ophthalmometrische und optometrische Untersuchungen von 969 Augen. Archiv f. Augenheilk., 1886, S. 37, Javal Mémoires 213.
13. Chauvel, De la myopie; ses rapports avec l'astigm. Archiv d'ophthalmologie VIII, S. 193. (1888.)
14. Bull, Les Variations de l'astigm. avec l'age. Soc. Franç. d'ophthalm. 1889.
15. Schön, Die Accommod-Ueberanstrengung und deren Folgen. Aetiologie des Glaucoms und der Alterscataract. Archiv f. Ophthalm., XXXIII, S. 195. (1887.)
16. Mauthner, Vorlesungen über die optischen Fehler des Auges. Wien 1876.

17. **Vossius**, Lehrbuch der Augenheilkunde, II. Aufl., 1892.
18. **Priestley-Smith**, Mittheilung in der ophthalm. Gesellschaft von Grossbritannien. Ophthalm. Revien, 1889, S. 380.
19. v. **Reuss**, Untersuchungen über den Einfluss des Lebensalters auf die Krümmung der Hornhaut u. s. w. Archiv f. Ophthalm., XXVII, 1, S. 27.
20. **Javal**, Quatrième contribution à l'ophthalmométrie. Annal. d'ocul., 1883, XC, S. 105 et Mémoires S. 115.
21. **Javal**, Sur l'ophthalmométrie Mémoires, S. 143. (1883.)
22. **Pfalz**, Ophthalmometrische Untersuchungen über Corneal-Astigmatismus. Archiv f. Ophthalm., XXXI, 1, S. 201 und Javal: Mémoires S. 173.
23. **Cheatham**, Mittheilung in der Amerikanischen medicinischen Gesellschaft. (Philadelphia 1892), citirt in Annal. d'ocul., CVIII, S. 43.
24. **Vacher**, De l'astigm. considéré comme une des cause de la cataracte. Javal: Mémoires, S. 199. (1885.)
25. **Vossius**, Beiträge zur Lehre von den angeborenen Conis. Klin. Monatsbl. f. Augenheilk., XXIII, S. 137. (1885.)
26. **Jackson**: Increase of astigm. Med. News, 1891, S. 330.
27. **Draper Speakman**, On the degree and demonstration of astigm. u. s. w. Med. Record, 1890, S. 378.
28. **Coccius**, Ophthalmometrie und Spannungsmessung am kranken Auge. 1872.
29. **Schneller**, Ueber die Entstehung und Entwickelung der Kurzsichtigkeit. Archiv f. Ophthalm., XXXIII, 3, S. 245.
30. v. **Hasner**, Ueber die Grössenwerthe des Auges. Prager medicin. Wochenschr., (1878) (citirt nach Nagel's Jahresbericht).
31. **Laqueur**, Ueber die Hornhautkrümmung im normalen Zustande und unter pathologischen Verhältnissen. Archiv f. Ophthalm., XXX, 1, 99. (1884.)
32. **Sczelkow**, Zur Frage über die Veränderungen der Hornhautkrümmung mit zunehmendem Alter. Ref. in Centralbl. f. pract. Augenheilk., IV, S. 499.

Autoren-Register.

Druck von E. Buchbinder in Neu-Ruppin.

...nn in Wiesbaden.

...sitätsprofessor in Wien. ...rmehrte Auflage. Preis M. 4,—.

...künstlich gereiften ...l.-Rath in Düsseldorf. Preis M. 1,—.

...Mittel ihrer Ent- ...um. Preis M. —,80.

...enschen. Von Dr. ...der Universität Wien. Preis M. 6,—.

...on Dr. Alexander, ...rk Aachen. Preis M. 6,—.

...en Histologie des Preis M. 10,60.

...se. Von weil. Prof. ...ama Pinto und Dr. Preis M. 36,—.

...d pathologischem ...geheftetem Atlas von Preis M. 12,—.

Ueber die Sehnerven-Wurzeln des Menschen. Ursprung, Entwicklung und Verlauf ihrer Markfasern. Von Privatdocent **Dr. Stefan Bernheimer** in Wien. Mit 3 lith. Tafeln. Preis M. 5,60.

Uterus und Auge. Von **Dr. Salo Cohn** in Bern. Mit Vorwort von Prof. **Dr. Pflüger** in Bern. Preis M. 6,—.

Die Lehre von den Augenmuskellähmungen. Von Professor **Dr. L. Mauthner** in Wien. Preis M. 10,—.

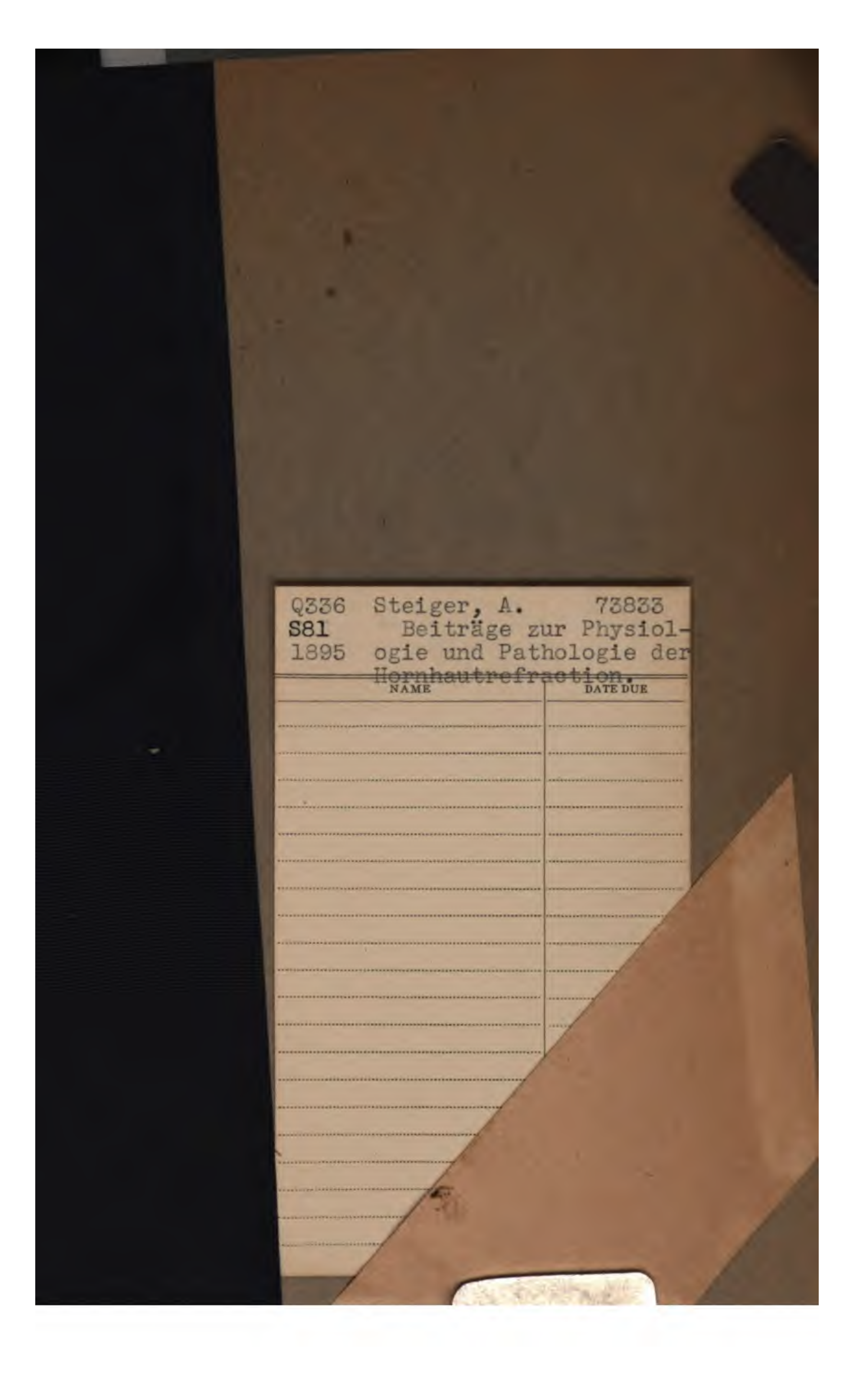
Ueber Sehnerven-Degeneration und Sehnerven-Kreuzung. Von **Dr. Julius Michel,** Professor an der Univ. Würzburg. Quart. Preis M. 12,—.

Die Netzhautablösung. Von **Dr. Erik Nordenson** in Stockholm. Mit Vorwort von **Dr. Th. Leber,** Professor in Heidelberg. Mit 27 Tafeln. Preis M. 27,—.

Ueber die Entstehung der Kurzsichtigkeit. Von **Dr. J. Stilling,** Prof. an der Universität Strassburg. Mit 71 Textfiguren und 17 Tafeln. Preis M. 10,60.

Schädelbau und Kurzsichtigkeit. Von **Dr. J. Stilling,** Professor an der Universität Strassburg. Mit 3 Tafeln. Preis M. 4,60.

Archiv für Augenheilkunde. Herausgegeben von Prof. **Dr. H. Knapp** in New-York und Geh. Med.-Rath Prof. **Dr. C. Schweigger** in Berlin, für den Litteraturbericht **C. Horstmann** in Berlin. (Bis jetzt erschienen 29 Bände.) Preis pro Band von 4 Heften M. 16,—.


Q336 Steiger, A. 73833
S81 Beiträge zur Physiol-
1895 ogie und Pathologie der
Hornhautrefraction.
NAME
DATE DUE